

Viktor Věncek

Návrh mechanicky zásuvného zábradlí

Design of mechanically sliding guardrail

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Filip Dušek

Ostrava 2021

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VĚNCEK, Viktor. *Návrh mechanicky zásuvného zábradlí*. Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2021, 49 stran. Vedoucí práce Ing. Filip Dušek.

Bakalářská práce se zabývá návrhem mechanicky zásuvného zábradlí. Jedná se o zařízení, které musí splňovat platné normy a plnit funkci zábradlí ve vysunuté poloze, a musí také být kompletně uschované v zasunuté poloze. Práce obsahuje stručný souhrn relevantních zařízení na trhu, na základě kterých je proveden návrh konstrukce. Konstrukce zábradlí je dělena na identické bloky. Následně je popis jednoho bloku zábradlí a jeho ovládání. Práce zahrnuje také zprávu s relevantními výpočty. Výkresová dokumentace výsledného návrhu je přílohou bakalářské práce.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

VĚNCEK, Viktor. *Design of mechanically sliding guardrail*. Ostrava, 2021. Bachelor thesis. VSB - Technical University of Ostrava. Thesis head Ing. Filip Dušek.

The bachelor's thesis deals with the design of a mechanically sliding railing. It is a device that must meet the applicable standards and perform the function of a handrail in the extended position, and must also be completely stored in the retracted position. The work contains a brief summary of relevant devices on the market, based on which the design of the structure is made. The railing construction is divided into identical blocks. Subsequently, there is a description of one railing block and its control. The work also includes a report with relevant calculations. Drawing documentation of the final design is an appendix to the bachelor's thesis.

OBSAH

1	Úvod	1
2	Rešerše stávajícího stavu.....	4
2.1	Zábradlí obecně	4
2.2	Nerezové zábradlí.....	5
2.3	Skleněná zábradlí.....	5
2.3.1	Bezpečnost na prvním místě	6
2.3.2	Jakou tloušťku skel používáme?	6
2.4	Kotvení skleněných zábradlí	7
2.4.1	Kotvení do hliníkového U-profilu	7
2.4.2	Kotvení na nerezové terče.....	7
2.4.3	Kotvení na nerezové sloupky.....	8
2.4.4	Posuvné skleněné zábrany	8
2.5	Více o skleněných zábradlích.....	9
2.5.1	Skleněné zábradlí – údržba.....	9
2.5.2	Skleněné zábradlí – realizace.....	9
2.5.3	Požadavky na statiku	9
2.5.4	Legislativní požadavky	10
2.5.5	Požadavky na skrytá rizika	10
2.6	Konkrétní požadavky pro zvolené konstrukční řešení.....	10
2.7	Systém Umakov	12
2.7.1	Skleněná tabule	12
2.7.2	Úchyt skla	13
2.8	Posuvné součásti	13
2.8.1	Teleskopické lišty	13
2.8.2	Lineární kolejnicové vedení	14
3	Návrh řešení	15
3.1	Volba návrhu	15
3.1.1	Návrh zábradlí s lineárním kolejnicovým vedením.....	16
3.1.2	Kritéria volby a všeobecné požadavky	17
3.1.3	Přednosti konečného návrhu	17
3.2	Zvolený návrh	18

3.2.1	Zadní pohled na zvolený návrh s popisem hlavních součástí	18
3.2.2	Vysunování a zajišťování.....	19
3.2.3	Spoj v horní části sloupku	20
3.2.4	Spoj v dolní části sloupku	21
3.2.5	Ochranný kryt a kotvení	22
4	Výpočtová část	23
4.1	Zhodnocení působících sil a požadavků na zábradlí.....	23
4.2	Zhodnocení kritických míst návrhu	25
4.3	Kontroly jednotlivých kritických míst a součástí	26
4.3.1	Kontrola teleskopického vedení	26
4.3.2	Kontrola madla na ohyb	27
4.3.3	Kontrola šroubového připojení připojení madla	28
4.3.4	Kontrola držáku madla a násuvné částí sloupku	29
4.3.5	Kontrola kolíků horních pomocí MKP	32
4.3.6	Kontrola kolíků spodních pomocí MKP.....	33
4.3.7	Kontrola podlahového profilu pomocí MKP	35
4.3.8	Kontrola zábradelního jištění pomocí MKP	36
4.3.9	Kontrola ložiska	37
4.3.10	Kontrola šroubů teleskopické lišty	39
4.3.11	Kontrola kotev	41
4.3.12	Kontrola svaru profilů kotvení.....	42
5	Závěr	43
6	Citace	44
7	Seznam příloh	46

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

Značka	Jednotka	Popis
α	[°]	Úhel profilu metrického závitu
β	[-]	Součinitel tloušťky koutového svaru
π	[-]	Phi
$\sigma_{DOV,M}$	MPa	Dovolené tahové napětí v madle
$\sigma_{MKP,1}$	MPa	Ekvivalentní napětí horních kolíků dle MKP
$\sigma_{MKP,2}$	MPa	Ekvivalentní napětí spodních kolíků dle MKP
$\sigma_{MKP,3}$	MPa	Ekvivalentní napětí podlahového profilu dle MKP
$\sigma_{MKP,4}$	MPa	Ekvivalentní napětí zábradelního jištění dle MKP
$\sigma_{RED,K}$	MPa	Redukované napětí v kolíku dolního spoje
$\sigma_{RED,S}$	MPa	Redukované napětí ve svaru kotvení
$\sigma_{RED,\text{šL}}$	MPa	Redukované napětí ve šroubu lišty
$\sigma_{O,K}$	MPa	Ohybové napětí v kolíku dolního spoje
$\sigma_{O,M}$	MPa	Ohybové napětí v madle
$\sigma_{t,\text{šL}}$	MPa	Tahové napětí ve šroubu lišty
$\sigma_{t,\text{šM}}$	MPa	Tahové napětí ve šroubu madla
τ_{II}	MPa	Tahové napětí ve svaru horní části sloupku
$\tau_{II,S}$	MPa	Smykové napětí ve svaru kotvení
$\tau_{\perp,S}$	MPa	Ohybové napětí ve svaru kotvení
$\tau_{MAX,K}$	MPa	Maximální smykové napětí v kolíku
$\tau_{\text{šL}}$	MPa	Statické namáhání šroubu lišty v krutu
$\varphi^l_{\text{šD}}$	[°]	Třecí úhel závitu šroubu desky
$\varphi^l_{\text{šL}}$	[°]	Třecí úhel závitu šroubu lišty
$\varphi^l_{\text{šM}}$	[°]	Třecí úhel závitu šroubu madla
$\psi_{\text{šD}}$	[°]	Úhel stoupání šroubovice šroubu spojovací desky
$\psi_{\text{šM}}$	[°]	Úhel stoupání šroubovice šroubu madla
$\psi_{\text{šL}}$	[°]	Úhel stoupání šroubovice šroubu lišty
A_w	mm ²	Plocha nosného průřezu svaru
a	mm	Účinný rozměr svaru kotvení
a_t	mm	Účinný rozměr svaru v horní části sloupku
C_0	kN	Mez statického zatížení ložiska SKF 6001 – 2Z
D_M	mm	Vnitřní průměr madla
D_S	mm	Střední průměr svaru v horní části sloupku
$D_{S-\text{šL}}$	mm	Střední průměr podložky šroubu lišty
$d_{1,\text{šM}}$	mm	Malý průměr závitu šroubu madla
$d_{2,\text{šD}}$	mm	Střední průměr závitu šroubu desky
$d_{2,\text{šL}}$	mm	Střední průměr závitu šroubu lišty
$d_{2,\text{šM}}$	mm	Střední průměr závitu šroubu madla

$d_{3,\text{šD}}$	mm	Průměr jádra závitu šroubu spojovací desky
$d_{3,\text{šL}}$	mm	Průměr jádra závitu šroubu lišty
$d_{3,\text{šM}}$	mm	Průměr jádra závitu šroubu madla
$d_{D,\text{šL}}$	mm	Vnitřní průměr podložky šroubu lišty
d_k^*	mm	Použitý průměr kolíku (*zjednodušeno)
$d_{k,\text{šD}}$	mm	Vnější průměr hlavy šroubu
d_M	mm	Součinitel tření na závitu šroubu madla
$d_{s,\text{šD}}$	mm	Střední průměr podložky šroubu desky
$d_{\text{šD}}$	mm	Velký průměr závitu šroubu desky
$d_{\text{šM}}$	mm	Velký průměr závitu šroubu madla
$d_{\text{šL}}$	mm	Velký průměr závitu šroubu lišty
d_t	mm	Vnější průměr svaru v horní části sloupku
e	mm	Rameno síly
F	N	Působící síla
F_{\perp}	N	Síla působící na šroub kolmo (na lištu přímo)
F_1	N	Tíhová síla zábradlí
F_2	N	Síla při vytahování zábradlí
F_3	N	Svislá zátěžová síla
F_4	N	Horizontální zátěžová síla
F_5	N	Reakční síla působící na blokovací člen z důsledku tíhové síly vyvinuté na 1 sloupek zábradlí
F_a	N	Zatěžující axiální síla
F_{Ed}	N	Namáhání smykem
F_{e0}	N	Ekvivalentní statické zatížení ložiska
$F_{O-\text{šK}}$	N	Tahová síla horní kotvy z ohybu
$F_{\text{šD}}$	N	Síla po utažení ve šroubu spojovací desky
$F_{\text{šL}}$	N	Síla po utažení ve šroubu teleskopické lišty
F_r	N	Zatěžující radiální síla
$F_{t-\text{šK}}$	N	Minimální tahová síla vyvinutá na horní kotvu proti smyku
$F_{z,\text{šL}}$	N	Statická síla působící po obvodě závitu
f_K	[-]	Součinitel tření mezi kotevníkem a stěnou
f_L	[-]	Součinitel tření mezi kotevníkem a lištou
$f_{\text{šD}}$	[-]	Součinitel tření pod hlavou šroubu desky
$f_{m,\text{šL}}$	[-]	Součinitel tření pod maticí šroubu lišty
$f_{z,\text{šD}}$	[-]	Součinitel tření na závitu šroubu desky
$f_{z,\text{šM}}$	[-]	Součinitel tření na závitu šroubu madla
$f_{z,\text{šL}}$	[-]	Součinitel tření na závitu šroubu lišty
g	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	Konstanta tíhového zrychlení
H_1	mm	Nosná výška závitu
$h_{\text{šM}}$	mm	Hloubka díry se závitem
k	[-]	Bezpečnostní součinitel
k_3	[-]	Součinitel pro čelní koutový svar

k_4	[-]	Stoupání šroubu spojovací desky
$k_{s,2}$	[-]	Bezpečnostní součinitel namáhání madla
$k_{s,3}$	[-]	Bezpečnostní součinitel šroubového spoje madla
$k_{s,4-1}$	[-]	Bezpečnostní součinitel šroubového spoje v horní části sloupku
$k_{s,4-2}$	[-]	Bezpečnostní součinitel svaru v horní části sloupku
$k_{s,5}$	[-]	Bezpečnostní součinitel horního kolíkového spoje
$k_{s,6-1}$	[-]	Bezpečnostní součinitel dolního kolíkového spoje, MKP
$k_{s,6-2}$	[-]	Bezpečnostní součinitel dolního kolíkového spoje, analytický
$k_{s,7}$	[-]	Bezpečnostní součinitel podlahového U-profilu
$k_{s,8}$	[-]	Bezpečnostní součinitel zábradelního jištění
$k_{s,9}$	[-]	Bezpečnostní součinitel ložiska, statický
$k_{s,10}$	[-]	Bezpečnostní součinitel šroubů lišty
$k_{s,12}$	[-]	Bezpečnostní součinitel svaru kotvení
L	mm	Délka svaru
L_K	mm	Rameno katalogového zatížení
L_M	mm	Vzdálenost mezi sloupky
L_N	mm	Rameno k madlu
l_1	mm	Délkový rozměr hřídele
l_2	mm	Délkový rozměr hřídele
l_3	mm	Délkový rozměr hřídele
l_4	mm	Vzdálenost působení síly
l_5	mm	Vzdálenost působení síly
M	N·mm	Moment síly
M_{Ed}	N·mm	Namáhání momentem
$M_{k,SL}$	N·mm	Moment krutu šroubu lišty
$M_{O,M}$	N·mm	Ohybový moment madla
$M_{O,K}$	N·mm	Ohybový moment kolíku
$M_{TM,SD}$	N·mm	Utahovací moment závitu šroubu spojovací desky
$M_{TZ,SD}$	N·mm	Utahovací moment pod maticí šroubu spojovací desky
$M_{u,SD}$	N·mm	Utahovací moment šroubu spojovací desky
$M_{u,SL}$	N·mm	Utahovací moment šroubu připojení lišty
$M_{u,SM}$	N·mm	Utahovací moment šroubu připojení madla
m_c	kg	Hmotnost celého zábradlí
m_v	kg	Hmotnost vysouvací části zábradlí
N_K	N	Katalogové maximální zatížení
N_N	N	Maximální zatížení na madlo pro sílu působící zepředu
N_{perm}	N	Garantované tahové zatížení jedné kotvy
n_K	[-]	Počet kolíku ve spoji
n_{KOT}	[-]	Počet kotvení(kotevníků) na které je působeno
n_{SK}	[-]	Počet kotvicích šroubů na každém kotvení
n_{SL}	[-]	Počet účinných šroubů každého kotvení
n_{ZK}	[-]	Počet tíhových zatížení od zábradlí

$P_{h,\check{S}D}$	mm	Stoupání šroubu desky
$P_{h,\check{S}L}$	mm	Stoupání šroubu lišty
$P_{h,\check{S}M}$	mm	Stoupání šroubů připojení madla
$p_{D,K}$	MPa	Dovolený tlak v kolíkovém spoji
p_{DOV}	MPa	Dovolený tlak pro šroub 6.8
p_K	MPa	Tlak působící na kolík
R_{AY}	[N]	Reakce hřídele v lokální ose y, v ložisku A
R_{BY}	[N]	Reakce hřídele v lokální ose y, v ložisku B
R_{BX}	[N]	Reakce hřídele v lokální ose x, v ložisku B
$R_{e\ 1.4301}$	MPa	Mez kluzu pro nakupovaný materiál (ocel 17 240)
$R_{e-11373}$	MPa	Mez kluzu pro ocel 11 373
$R_{e-11500}$	MPa	Mez kluzu pro ocel 11 500
$R_{e,\check{S}L}$	MPa	Mez kluzu šroubu lišty
$S_{k,\check{S}L}$	mm	Vnější průměr podložky šroubu lišty
s_S	mm	Tloušťka svaru
T_S	mm	Tloušťka stěny sloupku
T_P	mm	Tloušťka stěny pouzdra
X	[-]	Součinitel zatížení ložiska v ose X
Y	[-]	Součinitel zatížení ložiska v ose Y

1 ÚVOD

Tato práce řeší projekčně-konstrukční návrh mechanicky zásuvného zábradlí. Zábradlí je umístěno uvnitř budovy, v místnosti určené pro hromadné akce. Navržené zábradlí musí být kompletně uschované v zasunuté poloze a zároveň plnit svou funkci v poloze vysunuté. Jako v první řadě ochranný prvek musí také splňovat příslušné normy.

Klasické zábradlí jsou dnes velmi rozšířeným bezpečnostním a částečně také designovým prvkem. Zpravidla se používají pro ochranu lidí před pádem nebo vstupem do nebezpečného prostoru.

Myšlenkou mechanicky zásuvného zábradlí je vytvořit zábradlí, které je možno zasunout tak, aby bylo zcela uschováno a nebránilo možnosti průchodu jeho původní pozicí.

Takovéto funkce se dá využít tam, kde pravidelně dochází k okolnostem, které způsobí že dříve používaný bezpečný prostor by již neměl být jednoduše přístupný či naopak.

Alternativně se dá také použít před prostorem, který je z nějakého důvodu nebezpečný, ale je potřeba se v něm pohybovat (často pouze omezené skupině osob) a není vhodné jej oddělit zdí.

Práce je rozdělena na tři hlavní části.

Nejprve se jedná o rešerši stávajícího stavu, kde je obecný popis zábradlí, zábradlí skleněná a skleněné vysunovací výrobky na trhu. Nebyl jsem schopen najít přímo skleněná vysunovací zábradlí, ale podobné výrobky jsou k dostání.

V druhé části jsou vykresleny a krátce popsány různé návrhy ke kterým jsem v průběhu této práce došel a poté konečný návrh ke kterému jsem došel, s popisem jeho částí a se zdůvodněním výběru právě tohoto řešení. Je zde také možné najít některé použité součásti a jejich popis.

Třetí částí této práce je výpočtová. Tato část obsahuje především výpočty pevnostní kontroly, jak analytické, tak pomocí MKP a také krátký popis přibližující daný výpočet.

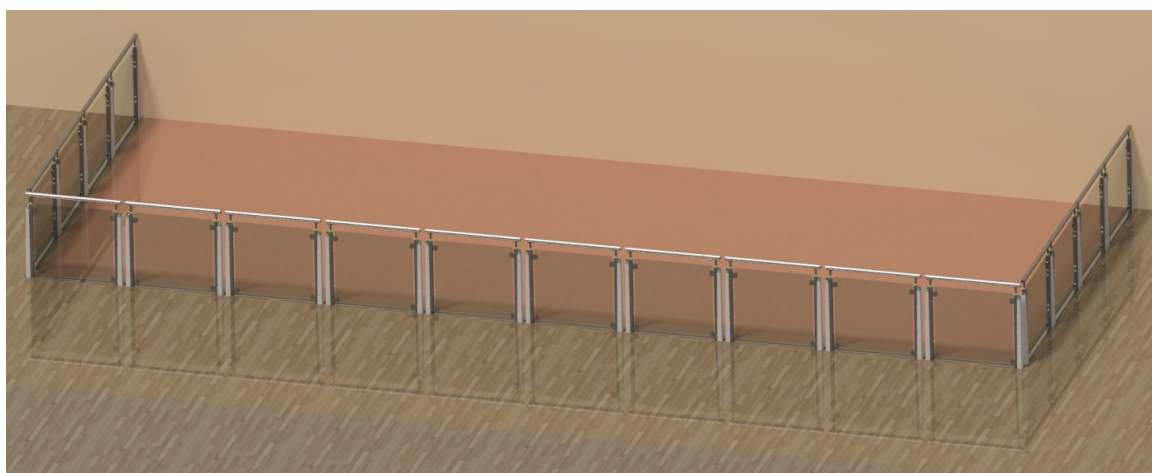
Dále následuje Závěr, kde se nachází zhodnocení této problematiky a také celé práce, Citace použitých zdrojů a Seznam příloh.

Stanovené cíle práce

Cílem práce je tedy navrhnout zábradlí, které je možné zasunout pod úroveň podlahy, a to tak, aby byla podlaha co nejméně porušena a bylo na ní schopné bez problému chodit, a zároveň bylo možné toto zábradlí vysunout a zajistit do polohy, ve které je schopné plnit funkci standardního zábradlí.

Pro přímočarý postup práce se stanovují tyto cíle:

- popis stávající místnosti a nalezení problémů,
- rešerše stávajících řešení zadaného problému,
- variantní návrh řešení problému
- hodnocení jednotlivých variant a volba optimálního řešení
- podrobné konstrukční řešení zvolené varianty,
- pevnostní kontrola komponent zařízení,
- zpracování výkresové dokumentace,



Obr. 1 - Zobrazení hotového návrhu

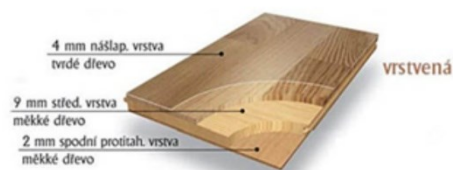
Popis stávající místnosti a nalezení problémů

Navrhované zábradlí je uvnitř budovy, v místnosti převážně mého vlastního návrhu. Návrh místnosti provádím velmi stručně, pouze v ohledech týkajících se instalování zábradlí. Určuji tedy: hlavní rozměry místnosti, délkové rozměry nutné pro návrh zábradlí a podlahu. Při řešení práce vycházím z předpokladu, že můj návrh zábradlí bude muset vycházet z těchto údajů, které by v praxi byli neměnné.

Místnost je určena pro konání hromadných akcí, představení a divadla. Místnost obsahuje jeviště na zvedacích plošinách. Plošiny jsou ve zdvižené poloze v úrovni podlahy. V zatažené poloze tvoří volný prostor hloubce 2100 mm.

Mezi plošinami a betonovým základem je dřevěná konstrukce o šířce 150 mm s protihlukovými stěnami. V úrovni podlahy na konstrukci připevněny dřevěné desky o výšce 25 mm.

Samotná podlaha místnosti je třívrstvá dřevěná. Tloušťka podlahy je 15 mm, a je tvořena vrstvenými lamelami, znázorněnými na.

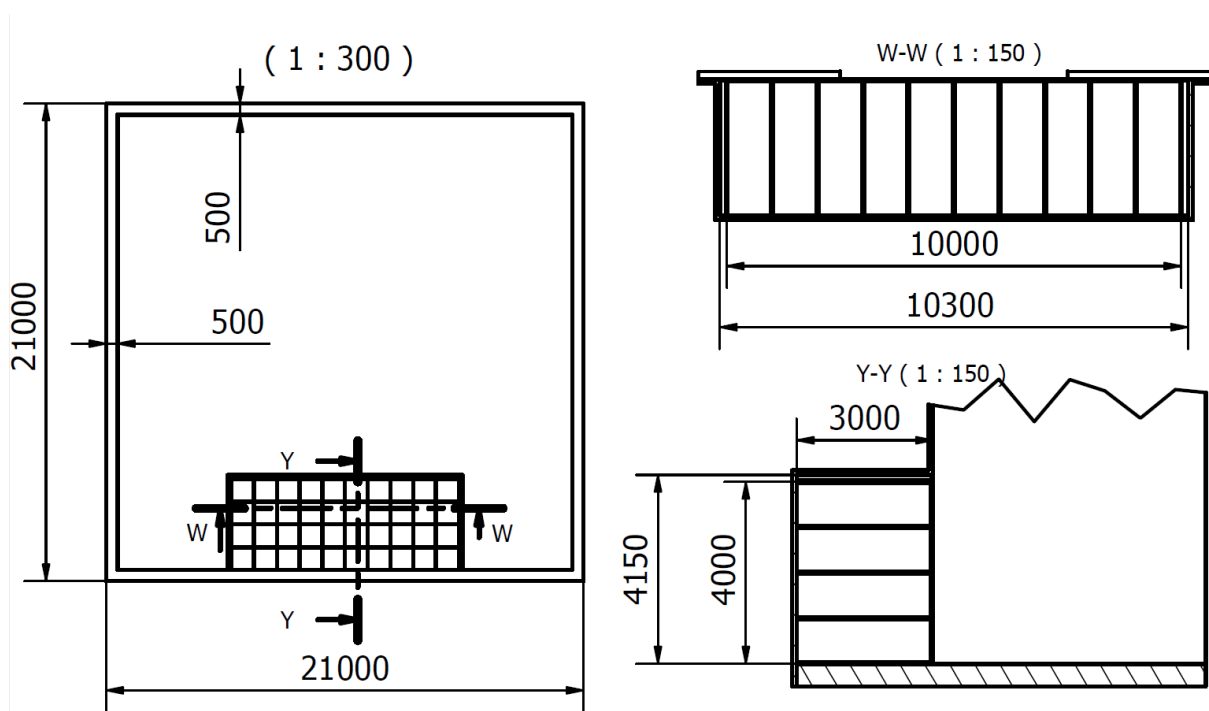


Obr. 2 - Vrstvá lamelová podlaha [13]

Zvedací plošiny jsou o rozměrech 1000 x 1000 mm a jsou uloženy v obdélníkové podstavě 10 x 4. Mají pouze minimální dopad na návrh zábradlí.

Při návrhu posuvného zábradlí tedy vycházím z předpokladů, že jejich maximální šířka bude méně než 150 mm, a bude potřeba zábradlí navrhnut tak, aby ho bylo možné umístit mezi dřevěnou konstrukci. Tu je možné upravit. Celé zábradlí musí také délkově odpovídat rozměrům prostoru.

Je také potřeba upravit podlahu, kde bude zábradlí instalováno, tak aby jí mohlo procházet, ale s pouze minimální mezerou mezi zábradlím a podlahou. Otvor vzniklý po zasunutí zábradlí bude potřeba vhodně přikrýt, a přikrytí zajistit.



Obr. 3 - Rozměrový náčrt místnosti pro umístění zábradlí

2 REŠERŠE STÁVAJÍCÍHO STAVU

Klasické zábradlí je velmi rozšířeným prvkem dnešního stavebnictví a návrhů. Vertikálně zásuvné zábradlí, které jsem se rozhodl použít jsem ale nenalezl. Následující rešerše se nejprve zabývá standardním zábradlím a jeho užíváním v praxi a poté také jinými praktickými součástmi na trhu, které používám v mém návrhu. Jsou zde také zmíněny potřebné a relevantní normy.

2.1 Zábradlí obecně

Zábradlí je základním prvkem ochrany lidí před pádem do hloubky nebo před vstupem do nebezpečného, (zakázaného), prostoru. Zřizuje se jako trvalá součást budov, mostů, komunikací a veřejně přístupných míst, plavidel a strojů, nebo jako dočasná ochrana zejména při stavebních pracích. Schodišťové zábradlí zajišťuje bezpečnost pohybu uživatelů na schodištích nebo rampách. Vzhledem k mimořádnému významu pro bezpečnost a ochranu zdraví jsou pro zábradlí předepsány normové požadavky, které se liší podle umístění a účelu, pro který je zábradlí zřizováno.[24]

Zábradlí je také architektonickým a designovým prvkem, který se uplatňuje jak v interiéru (vnitřní schodiště, dvorany), tak v exteriéru (balkony, pavlače, vstupní schodiště).

Rozvoj výroby ocelových válcovaných trubek a profilů přinesl další možnosti pro návrhy a výrobu sloupkového zábradlí. V současnosti se prosazují kovové materiály vyžadující minimální údržbu, protože u nich není třeba obnovovat nátěry zábradlí. Je to především pozinkovaná nebo chromová ocel a hliníkové slitiny.



Obr. 4 - Zábradlí s popisem [14]

1)Úroveň podlahy, 2) Sloupek 3)Madlo 4)Výplň zábradlí 5)Kotvení

2.2 Nerezové zábradlí

Zábradlí je především funkčním doplňkem interiéru a venkovních prostor. Pokud se u zábradlí podaří skloubit funkčnost a dokonalé umístění v prostoru, vzniká působivý estetický doplněk. Nejoblíbenějším materiálem k výrobě zábradlí je nerezová ocel – z ní vzniká krásné nerezové zábradlí.

Nerezové zábradlí je moderním a esteticky působivým doplňkem v podstatě jakéhokoli typu schodiště, balkonu, terasy apod.

Nerez zábradlí je vyráběno buď celonerezové nebo v kombinaci se sklem, dřevem a dalšími materiály. Nerezové zábradlí může být v kartáčovaném (matném) nebo leštěném (lesklém) provedení.



Obr. 5 – Nerezové zábradlí [16]

2.3 Skleněná zábradlí

V případě skleněného zábradlí se jsou používána zábradlí celoskleněná, nebo v kombinaci s jiným materiálem.

První z těchto možností, takzvané samonosné (celoskleněné) zábradlí, může být vetknuté do podlahy, se spodním uchycením, s terčovým uchycením, sevřením mezi dva plechy či uchycením do podesty.

Druhou možností je zkombinovat sklo s jiným materiálem - nejčastěji se používá nerezová ocel, ale lze použít i dřevo. Z těchto materiálů se v tomto případě vyrábí zejména sloupky a madla. K uvedeným konstrukcím se pak použijí skleněné výplně zábradlí.

Na výplň lze použít lepené bezpečnostní sklo čiré, mléčné, kouřové a barevné kalené sklo nebo kalené sklo s potiskem. I zde se nabízí několik alternativ uchycení - bodové, dvoustranné, třístranné, anebo čtyřstranné.



Obr. 6 – Skleněné zábradlí bodově kotvené na nerezové terče [15]

Zábradlí staticky je navrhováno tak, aby splňovalo požadavky zákazníka a zároveň splňovalo bezpečnostní normy, převážně normu ČSN 74 3305 [3].

Celoskleněné zábradlí není jen designovým prvkem. Zajišťuje také bezpečí při pohybu na schodišti a díky bezpečnostní fólii mezi skly chrání proti propadnutí. Navíc propouští více světla než klasické zábradlí a tím zachová prostor schodiště prosvětlený. Hrany skleněného zábradlí bývají zaleštěné a sražené pod 45°, není tedy nutné, aby na horní hraně zábradlí bylo umístěno madlo. V případě potřeby může být madlo osazeno.



Obr. 7 – Skleněné zábradlí se 4-hraně uloženou tabulí [16]



Obr. 8 – Skleněné zábradlí kotvené na nerezové sloupky [16]

2.3.1 Bezpečnost na prvním místě

Skleněná zábradlí musí splňovat přísné bezpečnostní požadavky. Na jejich výrobu bývá používáno vrstvené (VSG) a zároveň kalené (ESG) sklo, které se skládá ze dvou skel a bezpečnostní fólie. Právě tato fólie zajistí v případě rozbití zábradlí celistvost, díky které nepropadnete jako v případě pouze skel kalených.

2.3.2 Jakou tloušťku skel používáme?

Pro samonosná skleněná zábradlí je obvykle používáno kalené/vrstvené sklo 2 x 8 mm v kombinaci s bezpečnostní fólií. Pokud se jedná o veřejné prostory, je potřeba brát ohled na zatížení, které je požadováno. Zde už se nabízí využít silnějších skel kalených/vrstvených 2 x 10 mm (případně 2 x 12 mm) a bezpečnostní fólie. V případě skleněného zábradlí, které je kotvené mezi nerezové sloupky, lze použít i sklo o menší tloušťce (například 2 x 4 mm nebo 2 x 5 mm) opět v kombinaci s bezpečnostní fólií a tepelným zpevněním (ESG).

Tloušťku skel je vždy stanovována individuálně podle velikosti zábradlí i jeho využití.

2.4 Kotvení skleněných zábradlí

Samonosné skleněné zábradlí lze kotvit více způsoby. Nejčastějším způsobem je kotvení na **nerezové terče** nebo pomocí speciálních **U-profilů**, které umíme usadit i do skladby podlahy. Nejpraktičtější, ale i nejdražší variantou je **kotvení mezi ocelové pásoviny**, které vyrábíme přímo na míru. Poslední variantu jsou **nerezové sloupky** se skleněnou výplní.

2.4.1 Kotvení do hliníkového U-profilu

Hlavní výhodou U-profilů je možnost jejich zapuštění do skladby podlahy. Pokud je celoskleněné zábradlí začato řešit dostatečně dopředu, lze osadit U-profil ještě před vylitím podlahy a položením krytiny. Výsledný efekt bude vypadat tak, že sklo „vybíhá z podlahy“. Výška nejčastěji používaného profilu je 125 mm. Barva profilů je eloxovaný hliník, případně eloxáž nerezů anebo komaxitová barva dle odstínu RAL.

Kotvit hliníkové U-profilů můžeme jak z vrchu, tak i z boku, nicméně vždy musí být kotveno ideálně do železobetonové desky.



Obr. 9 – Skleněné zábradlí kotvené do hliníkového profilu [15]



Obr. 10 - Skleněné zábradlí bodově kotvené na nerezové terče [15]

2.4.2 Kotvení na nerezové terče

Nejčastější realizace je kotvení na nerezové terče. Každé sklo zábradlí navrhne podle jeho velikosti na odpovídající množství nerezových terčů (většinou 4 – 8 kusů na skle). Terče mohou být kulaté nebo hranaté o rozměru 50 mm z broušené nerez, ale i s libovolně barevným odstínem dle odstínu RAL. Pro kotvení je potřeba zajistit dostatečně pevnou konstrukci, která unese zátěž skleněného zábradlí. Sklo má pro co nejlepší údržbu vzdálenost od konstrukce 34 mm. Dle požadavků můžeme vyrobit i atypické terče, které se přizpůsobí schodišti. S pomocí terčů realizujeme zábradlí jak na rovných galeriích, tak na šikmých schodištích.

2.4.3 Kotvení na nerezové sloupky

Zábradlí na sloupky se skleněnou výplní bývá nejjednodušší navrhovanou variantou zábradlí.

Kotvení sloupků může být jak horní, tak boční, dle možností, které stavba nabízí. Nejčastěji používané jsou sloupky kulaté nebo hranaté, s možností použití horního madla, které zábradlí ztuží, nebo sloupky bez horního madla. Často záleží na preferencích návrháře a zákazníka.

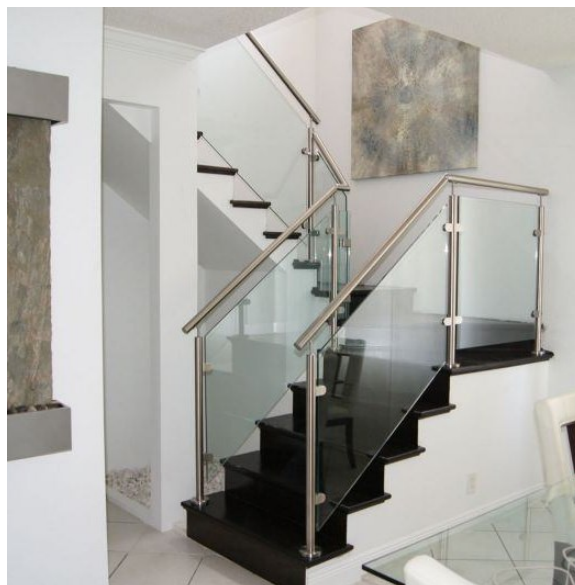
Na sloupkách jsou přišroubované úchyty, které skrz otvor sklo pevně sevrou. U tohoto provedení zábradlí se jedná o dvoustranné uložení skla a není nutné používat tak silná skla jako u samonosného zábradlí.

Sloupky mohou být jak nerezové, tak ocelové s práškovou barvou dle vzorníku RAL.

Použití tohoto provedení může být jak v interiéru, tak exteriéru. V exteriéru může být potřeba řešit vynesení kotvení nad hydroizolace a další, je tedy vhodné řešit zábradlí již ve fázi hrubé stavby.



Obr. 11 – Skleněné zábradlí kotvené na nerezové sloupky [15]



Obr. 12 – Skleněné zábradlí kotvené na nerezové sloupky [15]

2.4.4 Posuvné skleněné zábrany

Skleněná zábradlí jsou ve dnešní době často používaným prvkem, ale řešení vertikálně posuvných skleněných zábradlí jsem nebyl schopen najít.

Nejčastěji používanou posuvnou skleněnou zábranou jsou skleněné dveře obr. 13, jejíž mechanismus není vhodný pro mnou zvolené řešení, které je, na rozdíl od posuvných dveří (které se posunují horizontálně), vertikální [19].



Obr. 13 – Posuvné skleněné dveře od Umakov [19]

Mému návrhu asi nejbližší používané zařízení, které jsem byl schopený najít, jsou tyto vysouvací protivětrné zábrany (viz obr. 14) od Buralco Aluminium Systems [20].

Tyto zábrany ale zjevně nejsou vhodné pro použití jako zábradlí před nebezpečným prostorem, protože nejsou navrženy s ohledem na nutnost ustát případný pád člověka, a také bezpečnosti a normy které se k takovému použití vztahují. Bližší informace lze najít na [20].



Obr. 14 – Výškově nastavitelné protivětrné zábrany od Buralco Aluminium Systems [20]

2.5 Více o skleněných zábradlích

Informace pro používání skleněných zábradlí v praxi. Kompilováno se zdrojů [3], [17]

2.5.1 Skleněné zábradlí – údržba

Všechna skleněná zábradlí jsou velmi snadná na údržbu, stačí otřením navlhčeným hadrem. Pro ochranu zábradlí před nežádoucími otisky prstů existují zvláštní přípravky na bázi nanotechnologie, jimiž je možné povrch skleněného zábradlí pokrýt.

2.5.2 Skleněné zábradlí – realizace

Realizace zakázky skleněného zábradlí je shodná jako u ostatních zábradlí. Investor nejprve vykreslí své hrubé představy o projektu, k němuž je sestavena předběžná cenová nabídka. Vyhovuje-li tato nabídka investorovi, přijdeme zaměřit konkrétní dispozice daného prostoru a následně je spolu s investorem, případně architektem, navrženo optimální řešení. Poté jsou připraveny výkresy, upřesněna cena a podepsána smlouva. Vyhotovení zábradlí, vč. montáže, probíhá v rozmezí od 2 do 6 týdnů, přičemž cena zábradlí se pohybuje v částkách od 6 000 Kč za běžný metr v závislosti na složitosti zvolené konstrukce a použitém materiálu.

2.5.3 Požadavky na statiku

Pod pojmem statické požadavky je ve většině případů myšlen návrh tloušťky skla na působení vnějších a vnitřních sil. Skleněné zábradlí musí odolat bočnímu nárazu (simulace pádu osoby), aby nedocházelo k propadnutí nebo vypadnutí tabule skla na osoby nacházející se pod zábradlím. Jedním z důležitých vlivů, který může ovlivnit pevnost a celistvost skla v zábradlí, je jeho teplota. Probarvená skla ve hmotě nebo skla s potiskem či barevnou folií mají zvýšenou energetickou absorpci, čímž dochází k výraznému nárůstu teploty, která může způsobit praskání skla vlivem rozdílu teplot v ploše nebo délkové roztlačnosti. Co ale nejvíce snižuje pevnost a tuhost skla, je kvalita povrchu a hran.

Jakékoli škrábance, mušle na hraně nebo prasklinky v ploše výrazně snižují jeho odolnost proti prasknutí. Krátkodobě sklo odolá poměrně velkému zatížení, ale při dlouhodobějším zatížení je někdy jeho pevnost až 3x menší.

2.5.4 Legislativní požadavky

Z pohledu norem a zákonů je na skleněné zábradlí velmi přísně dohlíženo a věnuje se mu celosvětová pozornost. V České republice je platná norma ČSN 743305 – Ochranná zábradlí, ve které je od ledna 2008 doplněna část s názvem Skleněné výplně zábradelních konstrukcí. Z této normy vyplývá, že při rozbití skleněného zábradlí nesmí dojít:

- k vytvoření otvoru, kterým by prošla koule o průměru 76 mm při síle 25 N,
- ke vzniku trhlin celou tloušťkou vzorku, dosahující až k okraji výplně,
- k oddělení částí výplně o ploše větší než 6400 mm^2 ,
- k porušení nosné konstrukce (ztrátě spolehlivosti),
- k vytažení výplně z rámu nebo úchytů, a to ani na části obvodu nebo úchytu.

2.5.5 Požadavky na skrytá rizika

Použitá skla pro výplně zábradlí musí být vždy vrstvená pomocí folií a často se pro zvýšení jejich pevnosti tepelně tvrdí. Tyto zušlechťující procesy však s sebou nesou různá skrytá rizika, která často vedou k reklamacím a zdoluhavým sporům.

- samovolné prasknutí tepelně tvrzeného skla vlivem sulfidu nikelnatého nebo krystalické nečistotě
- delaminace
- rozdílná smáčivost povrchu skla
- oslepnutí skla
- anizotropie
- stárnutí skla

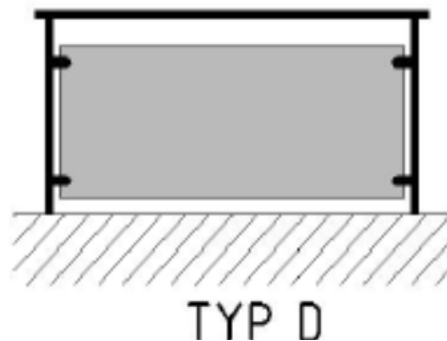
2.6 Konkrétní požadavky pro zvolené konstrukční řešení

V této podkapitole se zabývám normovými požadavky pro můj návrh zábradlí. Zde již pracuji s konkrétními hodnotami z výsledného návrhu (více v kapitole 3.2). **Požadavky, které jsou zde uvedené se neodpovídají všem požadavkům na konstrukci zábradlí, ale je zde pouze shrnutí nejdůležitějších požadavků pro mé řešení.**

Nejprve jsem si dle určil, že zábradlí zde bude opravdu potřeba postavit a kterým normám musí odpovídat.

Při návrhu беру na vědomí hlavně normy [3], [4] a [5].

Navrhované zábradlí je se skleněnou výplní dle normy [3] odpovídá typu D – bodově uchycené skleněné výplně.



Obr. 15 – Zvolený druh skleněného zábradlí dle ČSN 74 3305 [3]

Zatěžované plochy	q_k [kN/m]
Kategorie A	0,5
Kategorie B a C1	1,0
Kategorie C2 – C4 a D	1,0
Kategorie C5	5,0
Kategorie E	2,0 ¹⁾
Kategorie F	viz příloha B
Kategorie G	viz příloha B

Obr. 16 - Vodorovná zatížení zábradlí a dělicích stěn [4]

Výpočty a zkoušky skleněné výplně nepočítám. Skleněná výplň je kupovaná (2.7.1) a již splňuje potřebné normy a zkoušky.

Úchyty skla jsou rovněž kupovány a jejich kontrola je katalogová, a lze najít v kapitole 2.7.2. Kontrola se odkazuje na obr. 15 z normy [4], kde jsou uvedeny charakteristické zatížení, které musí být dle normy splněny. Stanovené využití místností spadá dle normy do kategorie C4. Více informací v [4]

Následuje určení výšky zábradlí ve vysunutě poloze. Opět voleno dle normy [3]. Relevantní tabulka je na obr. 17. Při určení hloubky volného prostoru vycházím ze zadání, kde je uvedeno, že při zatažení zvedací plošiny je rozdíl mezi podlahou a plošinou nejvýše 2100 mm. Více na straně 3.

Dle tabulky na obr. 17 tedy nejmenší výška zábradlí spadá do kategorie „snížená“.

Nejnižší dovolená výška zábradlí ve vytažené poloze je tedy 900 mm.

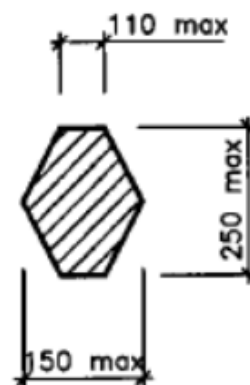
Tabulka 3 – Nejmenší dovolená výška zábradlí

Položka	Nejmenší dovolená výška zábradlí h (mm)	Použití
1	Snížená	900
2	Základní	1 000
3	Zvýšená	1 100
4	Zvláštní	1 200

Obr. 17 – Nejmenší dovolená výška skleněného zábradlí dle ČSN 74 3305 [3]

Pro návrh konstrukce dále potřebuji znát, jaké mezery mohou v zábradlí být. Zde vycházím z normy ČSN 73 3305 [3].

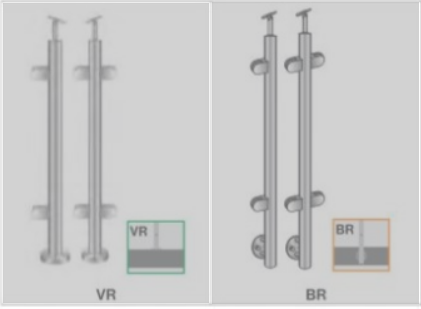




- Mezera mezi pochůznou plochou a zábradelní výplní nesmí být širší než 120 mm. [3]
- Ostatní mezery a otvory musí být uspořádány tak, aby jimi neprošel zkušební hranol o rozměrech dle obr. 18. [3]
- Zábradelní madlo nesmí mít, výstupy či otřepy, a volné konce musí být upraveny tak, aby se v nich nezachytily prsty ruky, která madlo přidržuje. [3]
- Kotvicí prvky musí být dimenzované na zatížení vyvolané zatížením zábradlí. [3]




Obr. 18 - Zkušební hranol pro plochy s volným přístupem osob (v mm) dle ČSN [3]

2.7 Systém Umakov

Při vlastním návrhu jsem se odvíjel od zábradelního systému Umakov. Tato česká firma zabývá výhradně konstrukcí různých zábradlí a brán, a má zpracovaný rozsáhlý sortiment součástí a návrhů pro mnoho velikostí a instalačních návrhů. Je zde také srozumitelně zpracovaný katalog, se všemi součástmi a jejich rozměry.

				
VR BR	A/42,4x2	GS/8,76	A/5729-242	A-DIN 7380-A2 M5x12

	Quality	Finish	Ø	art.	L	b	GS/8,76...	VR
	AISI304	satin	42,4x2	A/ZGVR100-1504	1500		1x	2x
				A/ZGVR100-2786	3000	1000	2x	3x
				A/ZGVR100-5350	6000		4x	5x

Obr. 19 – Systém zábradlí Umakov [6]

Některé součásti použité v mé práci jsou přímo z katalogu této firmy, další jsou podobné prodáváním kusům. Některé součásti, jako například sloupky a jejich kotvení jsem v mém návrhu nemohl použít. Tyto součásti často vycházejí s prodávaných produktů, a jsou upraveny pro použití v mnou zpracovaném návrhu.

2.7.1 Skleněná tabule

Skleněné zábradlí podle požadavků Českých norem a předpisů v roce 2016 může být vyrobeno jen z jednoho druhu skla: vrstvené bezpečnostní sklo podle ČSN EN ISO 12543 a ČSN EN 14449. Jedná se o celek tvořený jednou tabulí skla a jednou nebo více tabulemi skla anebo plochými plastovými zasklívacími materiály vzájemně spojenými jednou nebo více mezivrstvami. Vrstvené bezpečnostní sklo, u kterého v případě rozbití mezivrstva slouží k zadržení úlomků skla, omezuje velikost otvoru, poskytuje zbytkovou stabilitu a snižuje riziko řezného nebo bodného poranění. Ke spojení v zábradlí bývají použity speciální folie PVB, EVA.

Navržené bezpečnostní sklo je z katalogu firmy Umakov, konkrétní označení tohoto skla je na obr. 18.

Quality	art.	a	b	glass t
VSG/ESG 44.2	GS/8,76-70x75-VSG/ESG	700		
	GS/8,76-80x75-VSG/ESG	800		
	GS/8,76-90x75-VSG/ESG	900		8,76
VSG/ESG 55.2	GS/8,76-100x75-VSG/ESG	1000		
	GS/10,76-110x75-VSG/ESG	1100	750	10,76
VSG/ESG 44.2	GS/10,76-120x75-VSG/ESG	1200		
	GS/8,76-90x75-VSG/ESG-MILK	900		8,76
VSG/ESG 55.2	GS/8,76-100x75-VSG/ESG-MILK	1000		
	GS/10,76-120x75-VSG/ESG-MILK	1200		10,76

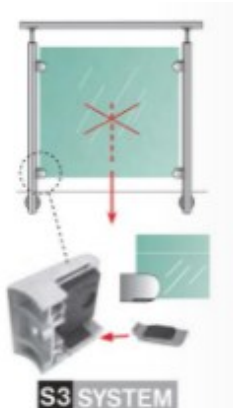
Obr. 20 – Skleněná tabule od Umakov [6]

2.7.2 Úchyt skla

Uchycení skla v ochranném zábradlí je normou rozděleno na několik typů (viz kapitola 2.6). V tomto případě je to uchycení bodové.

Navržené úchyty skla jsou také od firmy Umakov. V mém návrhu jsem konkrétně použil úchyt 230P [18].

Vertikálně je sklo postaveno na destičky vsunuté do spodních úchytů, což znamená že váha skleněné výplně působí pouze na tyto úchyty. Znázorněno v obr. 22.



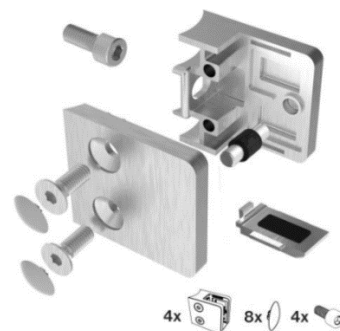
Obr. 22 –

Destičkové upevnění [6]

Uchycení skla musí samozřejmě splňovat náležité normy. Z kapitoly 2.6 už vím že skleněná výplň musí být schopna odolat minimálně tlaku o velikosti 1 kN/m^2 . Dle tabulky na obr. 23 lze najít, že by úchyt měl vyhovět.

S2 SYSTEM		S3 SYSTEM						
(kN/m ²)				b (mm)				
				500	750	1000	1250	1500
Glass VSG/ESG t (mm)	6.76	2			1	0.5		
	10.76				1.5	1	0.5	
	12.76					1.5	1	0.5
	16.76	2.5			2		1.5	1
	17.52							

Obr. 23– Tabulka přibližných dovolených tlaků pro tento úchyt [6]



Obr. 21 – Schéma
úchytu 230P [18]

2.8 Posuvné součásti

Pro zábradlí je potřeba navrhnout použitelné posuvné vedení. Pro tento účel se nabízí dva druhy součástí: teleskopické lišty a lineární kolejnicové vedení. Navrhnuté vedení je od firmy Chambrelan. [6]

2.8.1 Teleskopické lišty

Teleskopická lišta se skládá z kovových profilů, které se vysouvají za pomoci ložiskových kuliček uložených v kuličkových klecích. Je vybavena zářkami ve vysunuté i zasunuté poloze a umožňuje posuv pro zatížení až do 1250 kg a do délky 2 metry. Existuje v provedení ocel, hliník a nerez, nabízí částečný výsuv, plný výsuv a nebo extra výsuv.



Obr. 24 – Teleskopická lišta od Chambrelan [7]

Teleskopická lišta RA5R [21]

Jedná se o velmi odolné posuvné vedení díky tomu, že profily jsou tvářeny za studena tažením a je vybaveno funkčními zarážkami. Je určeno pro aplikace, jako jsou posuvné zásuvky s velkým zatížením nebo jinak náročné aplikace. Je vhodné k použití i při instalaci materiálových a personálních propustí a prokládacích oken. Díky zpevňujícím kuličkám může být montována také na plocho.

Rozsah doporučených užitných teplot od -20 do 80 °C, po provozní adaptaci -50 a 250 °C.

Tento produkt může být použit pro zásuvky se střední nosností, jako lišta krytu, teleskopická tyč, výsuv pro zásuvky, nábytková lišta, posuvné vedení, kolejnice údržby, závěsná kolejnice, horizontální vedení či v některých případech vedení vertikální jako např. u karteru.

Lišty jsou dodávány standardně lehce promazané už z továrny. Pro ocelové lišty je používáno ložiskové vysokotlaké mazivo, hliníkové a nerezové posuvy jsou ošetřeny bílou vazelínou. Potravinářský tuk v kombinaci s nerezovými kuličkami může být levnější variantou k celonerezovým lištám.

Aby byla lišta vhodná pro vertikální instalaci, je potřeba objednat s vhodnými zarážkami.

2.8.2 Lineární kolejnicové vedení

Různá lineární vedení se liší svou přesností, maximální dovolenou rychlostí pohybu, maximální přenášenou silou a podobně. Mají-li se dvě části po sobě smýkat, musí mezi nimi být určitá vůle a styčné plochy, které je třeba mazat.

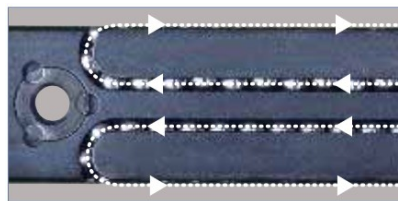
Značného omezení vůle lze dosáhnout u kuličkových (valivých) lineárních vedení, kde styk mezi oběma částmi zprostředkuje věnec kuliček jako u valivých ložisek.

Podstatou valivých vedení jsou vozíky s vnitřním oběhem kuliček posouvající se po kolejnici.

Výrobek se tedy skládá z pevného vodícího profilu s dvěma drahami pro ložiskové kuličky a jednoho (či několika) pohyblivých kuličkových vozíků.



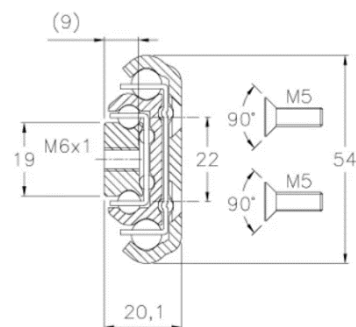
Obr. 26 - Lineární kolejnicové vedení [8]



Obr. 27 – Pohyb kuliček valivých kolejnicových vedení [8]

Teleskopická výsuvná kolejnice Chambrelan se skládá z kolejnic, které se posouvají za pomoci ložiskových kuliček uložených v kuličkových klecích, je vybavena zarážkami.

Tento produkt se používá jako lišta pro zásuvky, lineární vedení, závěsná kolejnice, výsuv pro zásuvky, posuv pro dveře, pro výsuvné klávesnice, kolejnice pro údržbu, nábytkové kování, výškově nastavitelná noha, lišta pro výškově nastavitelný stůl, jako horizontální nebo v některých případech i vertikální vedení jako např. kování pro vertikálně posuvné dveře.



Obr. 25 - Připojovací rozměry RA5R [21]

3 NÁVRH ŘEŠENÍ

Jak vyplývá ze zadání, mám navrhnout mechanicky posuvné zábradlí. Zábradlí je umístěno uvnitř budovy, v místnosti určené pro hromadné akce. V této místnosti je jeviště, postavené na zvedacích plošinách, které jsou ve vysunuté poloze v úrovni podlahy. Zábradlí je na okrajích tohoto jeviště. Účelem zábradlí je zabránit vstupu nebo pádu do jevištní plochy, která je potenciálně nebezpečná. Když je jeviště v provozu, musí však být zábradlí uschované tak, aby nijak nezabraňovalo v pohybu mezi jevištěm a zbytkem místnosti. Toto docílím zasunutím zábradlí pod podlahu a překrytím.

Zábradlí tedy musí být navrženo tak, aby bylo kompletně uschované v zasunuté poloze a zároveň plnit svou funkci v poloze vysunuté. Jako v první řadě ochranný prvek musí také splňovat příslušné normy. Při návrhu konstrukce musím zohlednit různé rozměry místnosti, a to především úzkou mezeru mezi betonovým základem a podlahou místnosti a plošinami jeviště. Tomu je třeba přizpůsobit návrh výsuvné i pevné části zábradlí.

Když jsem se seznámil se současným stavem problematiky, nebyl jsem schopen najít stávající řešení, které by odpovídalo zadání. Dále jsem tedy vycházel z konstrukčních řešení zábradlí statických. Zde mi dobře posloužil web firmy Umakov, která takovéto zábradlí navrhuje a prodává, a má také dostupné mnoho použitelných výkresů a modelů součástí.

Zábradlí je rozděleno na identické, samostatné bloky. Každý z těchto bloků se dá vysouvat a zajišťovat nezávisle na ostatních. Bloky sdílí své zakotvení s vedlejším blokem, s výjimkou krajních zábradlí.

Rozhodl jsem se tedy použít vertikálně posuvné skleněné zábradlí s kotvením na nerezové sloupky. Zábradlí bude ukryté pod podlahou a přiryté víkem, když nebude používáno. Při použití bude mechanicky vysunuto a zajištěno v vysunuté poloze.

Skleněné zábradlí používám z několika důvodů, například jeho průhlednosti. Je možné velmi jednoduše vidět, co se za zábradlím nachází.

Místnost je určena pro hromadné akce, a dá se předpokládat, že zábradlí bude nápadné. Vzhledem k tomu, že zábradlí jsou v dnešní době také designovým prvkem, je potřeba brát ohled také na tuto stránku návrhu. Nevýhodou je, že skleněná zábradlí bývají těžší než zábradlí s výplní tvořenou kovovými trubkami.

Předpokládám užití v průměru několikrát týdně. Vysunutí a zajištění by měla být schopna vykonat jedna osoba, s ohledem na počet bloků. Navržený mechanismus by tedy tomu měl odpovídat svou hmotností (pouze vysouvací části) a složitostí úkonu zajištění zábradlí.

3.1 Volba návrhu

Na základě zadaných požadavků a vyvozených přednostní jimiž by výsledné zábradlí mělo disponovat jsem sestavil různé návrhy, které jsem poté srovnával.

Jak již bylo zmíněno zábradlí je rozděleno na identické, samostatné bloky. Každý z těchto bloků se dá vysouvat a zajišťovat nezávisle na ostatních. Následují návrhy jednoho bloku.

3.1.1 Návrh zábradlí s lineárním kolejnicovým vedením

Můj prvotní návrh bylo zábradlí s lineárním kolejnicovým vedením.

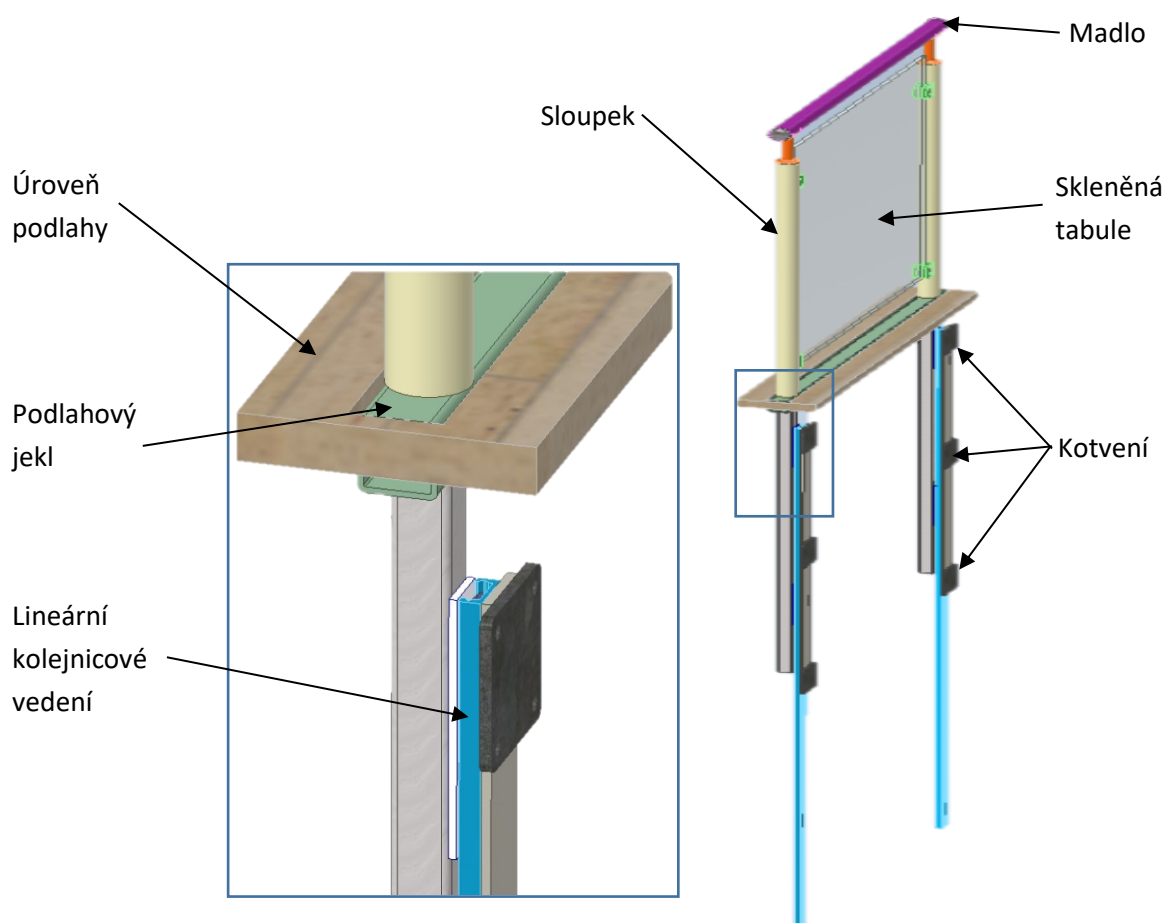
Samotné zábradlí v horní části je kompletně složeno ze součástí, které je možné nakoupit od firmy Umakov. Sloupky jsou připevněny na jekl, který je ve vysunuté poloze v úrovni podlahy. Další jekly jsou poté připevněny na opačné straně podlahového jeklu. Na tyto jekly jsou připevněny vozíky lineárních posuvů. Kolejnice jsou připevněny na plechy, které jsou ukotveny pevně ve stěně místnosti.

Výhody tohoto návrhu vzhledem jsou především jeho jednoduchost a velmi malá šířka.

Hlavní důvod, proč jsem od tohoto návrhu odstoupil je především nutnost instalovat lineární vedení v pozici takzvaně „naplocho“, což znamená že síly působící zepředu zábradlí by vedení namáhaly nevhodně. Vedení vhodné pro takovéto použití jsou většinou konstruovány pro namáhání „nakolmo“, kde síly působí na vedení z boku. Instalaci vedení z boku zábradlí brání to, že podlahový jekl musí přesahovat až před sloupek, jak lze vidět na obr. 28. Další alternativou by byla instalace kolejnice na pohyblivou část zábradlí, což by ale značně zvýšilo jeho hmotnost.

Samozřejmě že existují vedení, které by se daly použít, ale ty jsou většinou konstruovány pro jiné účely. Tato vedení bývají určena pro menší délky anebo daleko menší tolerance, a jsou tedy dražší.

Další nevýhody tohoto návrhu jsou vysoká celková hmotnost a celková výška. Přestože celá kolejnice je v tomto návrhu pod podlahou, její rozměry by zkomplikovaly instalaci.



Obr. 28 – Návrh zábradlí s lineárním kolejnicovým vedením

3.1.2 Kritéria volby a všeobecné požadavky

Ze zadání se dají vyvodit určité požadavky, které musí výsledný návrh splňovat. Těmito požadavky a kritérii se budu dále řídit při návrzích různých zábradlí a srovnávání jejich předností a nevýhod.

Požadavky:

- Bezpečnost
- Splnění příslušných norem
- Možnost použití pro tuto konkrétní místnost
- Hmotnost nižší než 60 kg pro jednotlivý posuvný díl

Kritéria hodnocení:

- Jednoduchost ovládání
- Hmotnost vysouvací části
- Vzhled
- Cena
- Celková hmotnost
- Jednoduchost smontování
- Nároky na údržbu
- Dostupnost dílů

3.1.3 Přednosti konečného návrhu

Jako skleněné zábradlí s nerezovými sloupky a madlem, zábradlí je vzhledově vhodné do veřejné budovy. Vnější plochy zábradlí jsou velmi jednoduché na údržbu a čištění. Zábradlí je rozebíratelné a většina součástí jsou normalizované díly nebo jednoduché, vrtané plechy.

Zábradlí splňuje příslušné normy a je navrženo pro použití ve dříve navržené místnosti.

Všechna kritická místa jsou spočtena, s koeficientem bezpečnosti vyšším než 2 pro navrhované spoje a součásti. U kupovaných celků předpokládám že jsou hodnoty uvedeny s již započtenými bezpečnostmi

Zajišťování je velmi jednoduché, a možné provést ve stoje, bez potřeby ohýbat se až k zemi při zajištění každého bloku zábradlí. Je také možnost zábradlí uzamknout ve vysunuté pozici, kdy bude zajištění drženo v pozici, a nebude možné zábradlí odjistit, a tedy ani zasunout.

Teleskopické lišty jsou chráněny teleskopickým krytem, který brání vniku větších nečistot a prstů do dráhy teleskopické lišty. Také mírně omezuje potřebu jejího mazání. Teleskopický kryt je z plastu, vytvořen pomocí 3D tisku, a tedy velmi lehký a nepříliš drahý. Není ale odolný.

Ve fázi návrhu lze poměrně jednoduše upravit pro větší nebo menší délky a výšku vysunutí, kde je ale potřeba použít jinou teleskopickou lištu. Šířka zábradlí se značně odvíjí od navržených teleskopických krytů, v případě potřeby užšího provedení tyto kryty nelze použít.

3.2 Zvolený návrh

Jak již bylo zmíněno, zvolený návrh je rozdělen na samostatné bloky.

V podstatě se jedná o standardní skleněné zábradlí, které není kotveno, ale má sloupky připevněné k teleskopickým lištám. Pevné části těchto lišt jsou ukotveny pod podlahou.

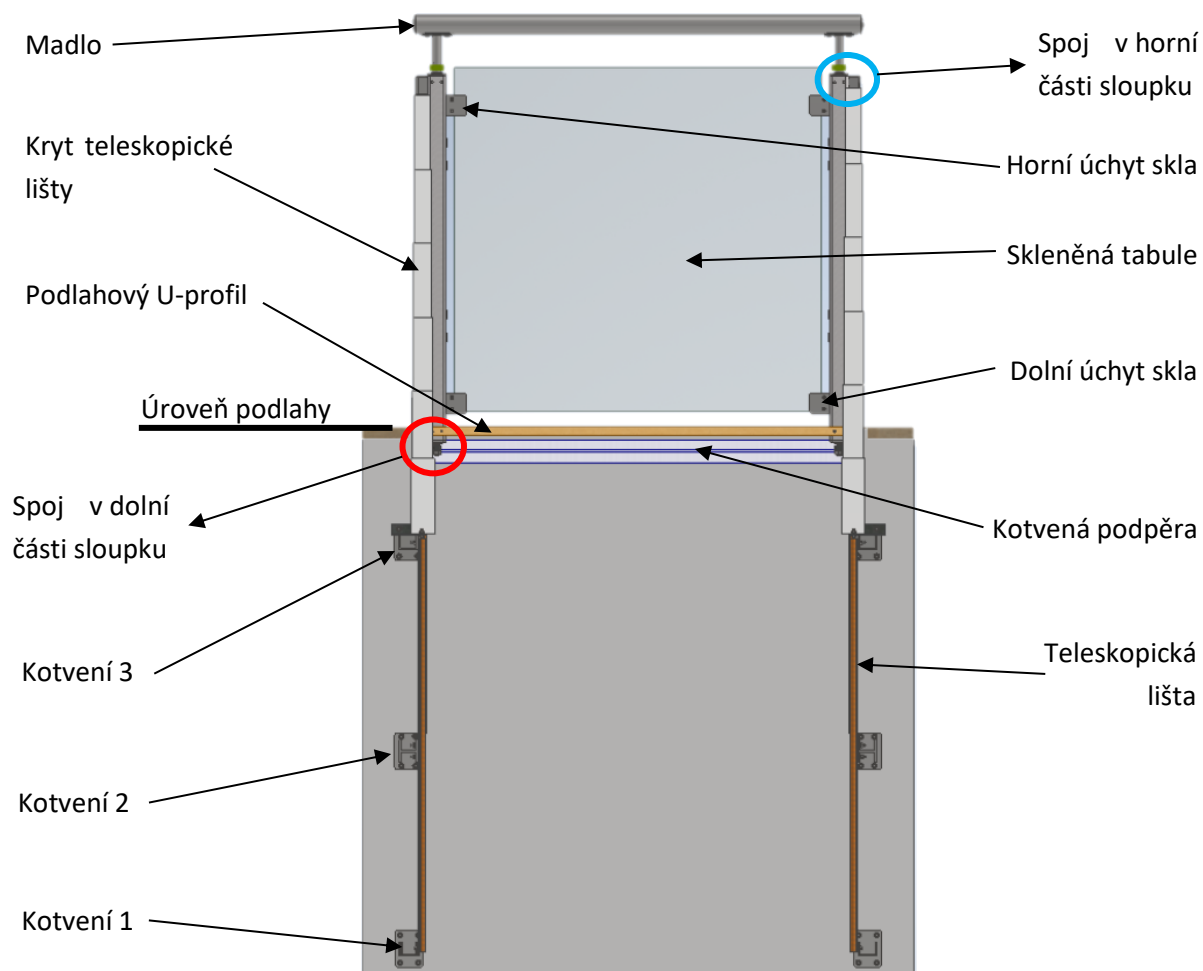
Lišty umožňují zábradlí omezený vertikální pohyb. Ten je využit pro posuv hlavní části zábradlí. Dle mého návrhu má tato část dvě polohy. Poloha vysunutá, kdy je zábradlí nad úrovní podlahy, kterou lze vidět na obr. 29, a poloha zasunutá, kdy je celé zábradlí pod úrovní podlahy.

V zasunuté poloze je zábradlí dále překryto víkem, které zaručuje rovnost podlahy.

Teleskopické kryty lišty se samovolně vysunou a zasunou zároveň s zábradlím, a jsou zde pouze pro velmi lehkou ochranu. Nejsou určeny k odolávání větších sil.

Ovládání se nachází v horní části sloupku, která je v obr. 29 vyznačena modrým kroužkem.

3.2.1 Zadní pohled na zvolený návrh s popisem hlavních součástí



Obr. 29 - Zádí návrh jednoho bloku zábradlí s popisem hlavních součástí

Nejsložitější částí je mechanické ovládání zábradlí, které jsem se rozhodl navrhnout v horní části zábradlí, kde je jednodušeji dostupné.

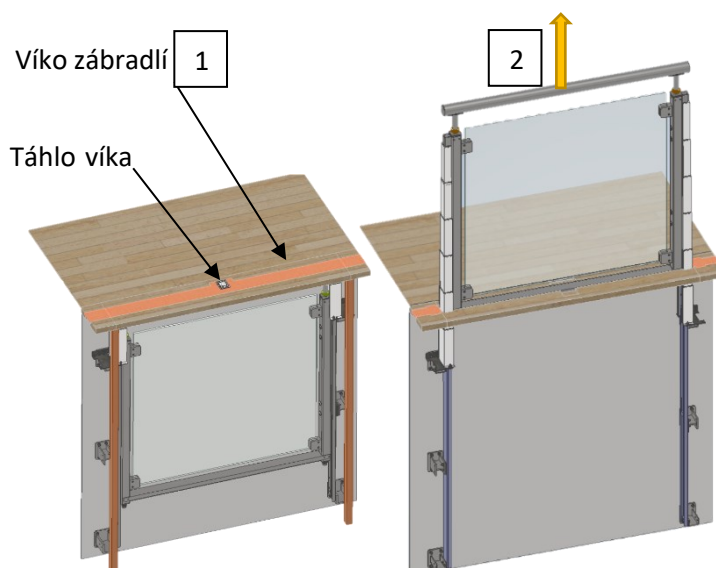
3.2.2 Vysunování a zajišťování

Zábradlí je namontováno na teleskopické lišty, které mu nedovolí dostat se mimo předpokládané meze.

Bodový postup uvedení do provozu:

- 1) Sundat víko zábradlí
- 2) Vytáhnout zábradlí (20 kg)
- 3) Zajistit ve vytažené poloze
- 4) Uzamknout

Při úschově do původní polohy je postup opačný



Obr. 30 – Sundání víka a výsuv zábradlí

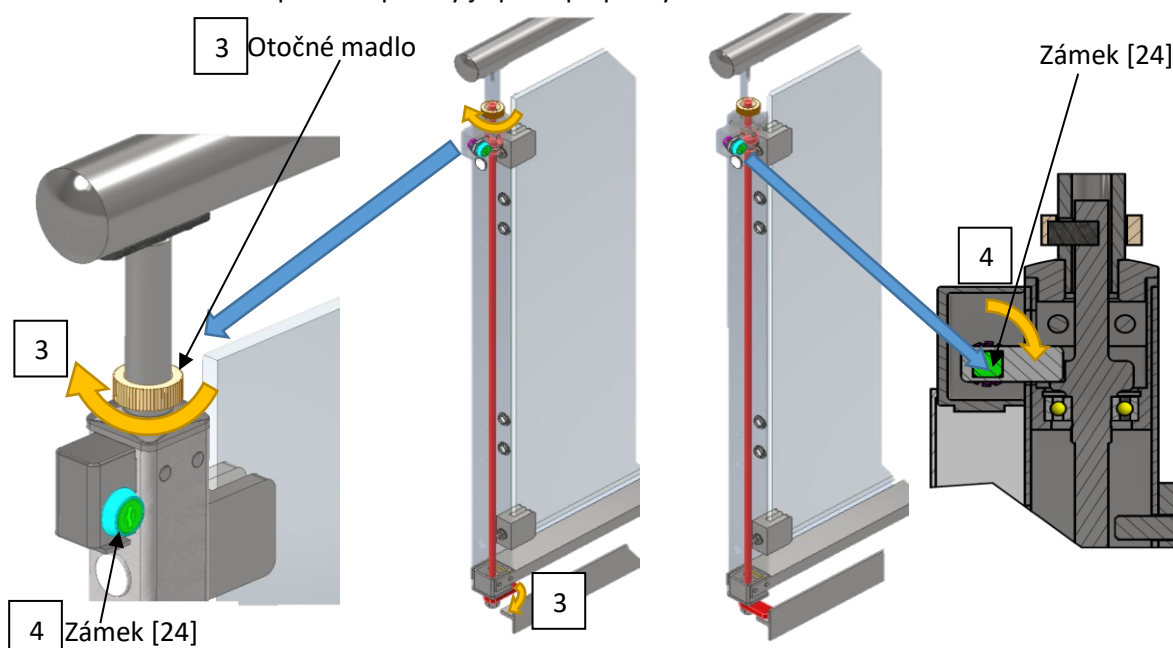
Pro vysunutí ne nejprve potřeba sundat víko zábradlí **1**, pro což je zde umístěno táhlo od společnosti Southco [27].

Po sundání víka je zábradlí vysunuto **2**. Pro vysunutí je uchopeno madlo, a taháno přímo vzhůru. Přibližná váha vysouvací části je 25 kg. Pod víkem (v oblasti táhla) je umístěný výřez pro lepší uchycení. Je navrženo pro obsluhu jednou osobou.

Po vysunutí do správné polohy (až k dorazu) je potřeba zábradlí zajistit v této poloze. Pro zajištění zábradlí je otočeno otočnými madly **3** na obou stranách zábradlí. Madlo je otočeno až k dorazu (90°). Lze otáčet pouze na jednu stranu (a zpět). Nyní je možné madlo uvolnit. Po uvolnění by zábradlí by nemělo sjet více než 2-4 mm. (Otočením madla se otočí také zábradelní jištění, do aktivní pozice.)

Posledním krokem je uzamčení **4** zábradlí v této poloze. Uzamčení není nutné, ale je doporučeno, pokud se dá předpokládat, že se v prostoru budou pohybovat osoby nezpůsobilé k obsluze, především děti. Všechny zábradlí mají stejný zámek [24].

Při úschově do původní polohy je postup opačný.



Obr. 31 - Postup zajištění se zvýrazněným ovládáním (zobrazeno bez krytu)

3.2.3 Spoj v horní části sloupku

Asi nejsložitější místo v mém návrhu je spoj v horní části sloupku. V tomto místě se střetává několik důležitých bodů celého návrhu. Těmi jsou:

- **Přechod hlavní části sloupku na sloupovou tyč**

Sloupová tyč je přivařena na nasouvací víko, které je nasunuté do sloupku (resp. nasouvací pouzdra).

- **Ovládací hřídel a její ložiskové uložení (axiálně volné)**

Ovládací tyč prochází celým sloupkem a částí sloupkové tyče. Je uložena ve dvou ložiscích, axiálně volné je v této části sloupku. Ložisko je uloženo v nasouvacím pouzdře. Toto je hlavní účel tohoto pouzdra.

- **Ovládání hřídele otočným držadlem**

Ovládací hřídel je otáčena pomocí otočného držadla, pomocí čepu procházejícího sloupkovou tyčí.

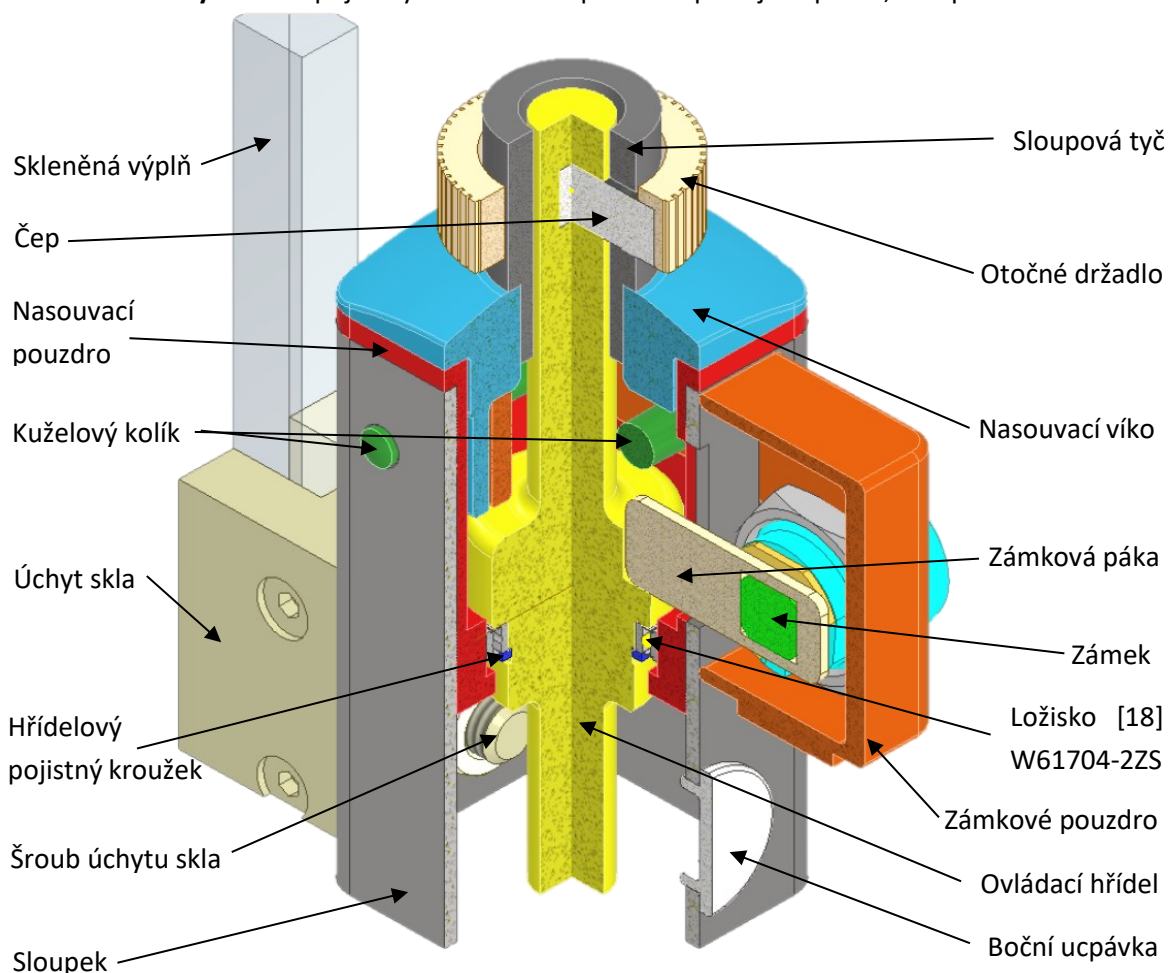
- **Uzamykací mechanismus ovládání.**

Aby nemohl zábradlí kdokoliv odjistit, je opatřeno uzamykacím mechanismem. Zámek je namontován na zámkové pouzdro, které je zboku vsunuto do sloupku a uchyceno kuželovými kolíky.

- **Spojení kuželovými kolíky, které tento spoj drží pohromadě**

Spojuje sloupek, nasouvací pouzdro, nasouvací víko a zámkové pouzdro. Je to tvarový spoj.

- **Horní úchyt skla – spoj úchytu skla se sloupkem.** Naproti je ucpávka, díra pro možnost utažení.



Obr. 32 – Spoj v horní části sloupku s popisem

3.2.4 Spoj v dolní části sloupku

Asi nejdůležitější místo v mém návrhu a nejspíše druhé nejsložitější je spoj v dolní části sloupku. V tomto místě se také střetává několik důležitých bodů celého návrhu. Těmi jsou:

- **Axiálně pevné uložení ovládací hřídele**

Ložisko je nalisováno na do pouzdra, kde je axiálně zajištěno nasouvacím víkem pomocí 4 šroubu M4. Ty na tomto obrázku nelze vidět, protože jsou umístěny v rozích.

Do ložiska je nasunuta hřídel. Ložisko je na hřídeli axiálně zajištěno pomocí matice s drážkami a příslušného pojistného kroužku.

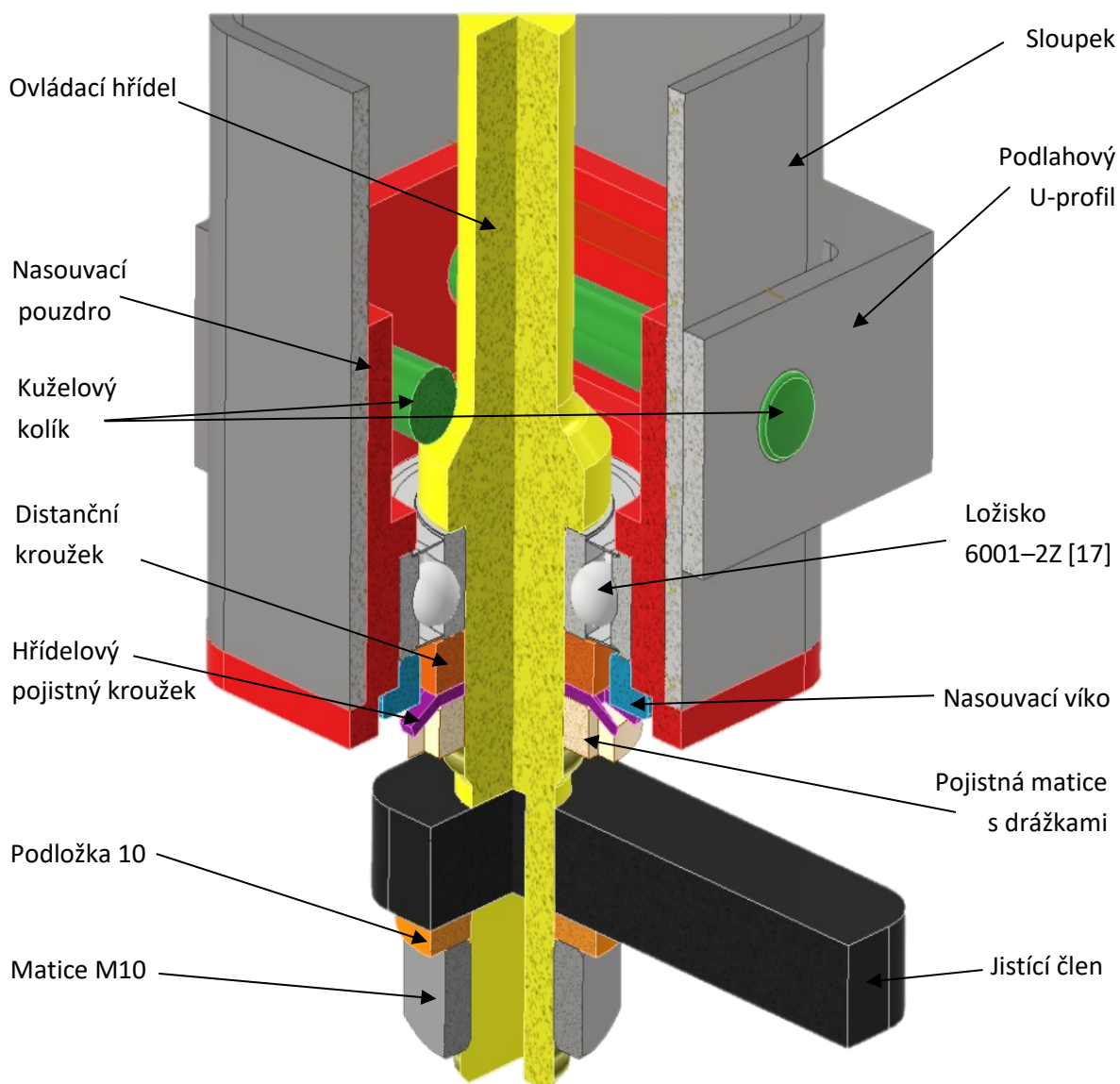
- **Spoj sloupku a podlahového U-profilu**

V případě zátěže na podlahový profil, síla je přenesena na sloupek pomocí spoje kuželovými kolíky.

Ty také přenášejí část sil mezi sloupkem a nasouvacím pouzdrem. Také jistí toto pouzdro před vysunutím.

- **Spoj jistícího členu na ovládací hřídel**

Jistící člen je nalisován na hřídel s lehkým přesahem. Je poté dotažen maticí. Toto je tvarový spoj.

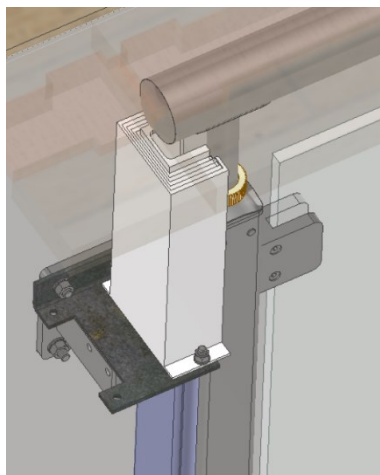


Obr. 33 – Spoj v dolní části sloupku s popisem

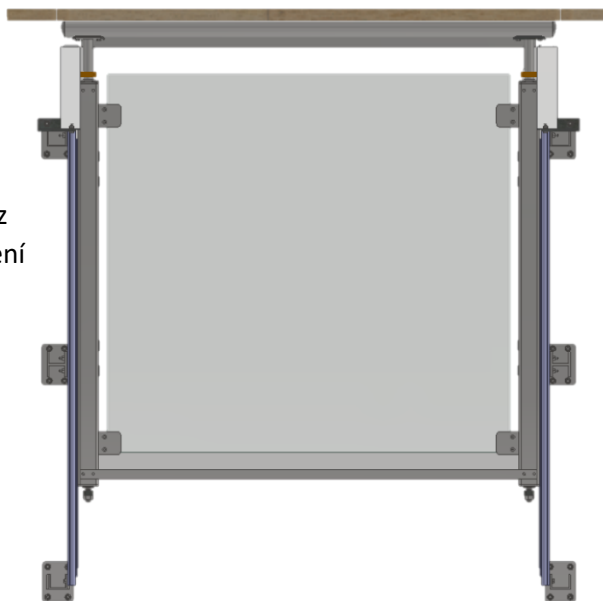
3.2.5 Ochranný kryt a kotvení

Ochranný kryt brání vniku větších nečistot a prstů do dráhy teleskopické lišty. Také mírně omezuje potřebu jejího mazání.

Není navržen na odolávání větších sil. Je sestaven z tenkých plastových bloků, navržených pro zhotovení pomocí 3D tisku.



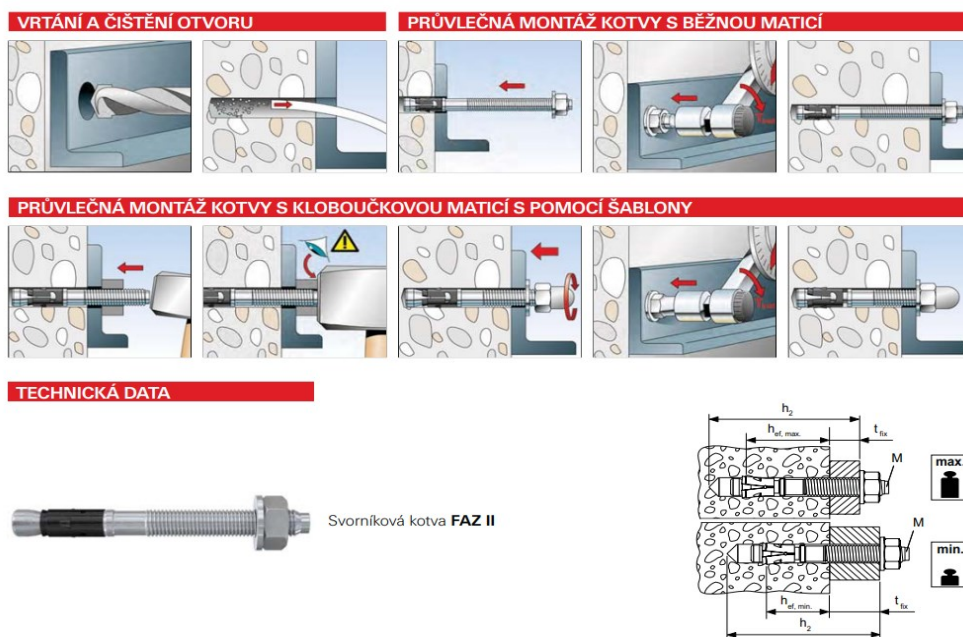
Ochranný kryt teleskopické lišty je složen z jednotlivých bloků, které jsou v sobě nasazené. Při vytažení zábradlí je první (nejmenší) kryt zachycen tenkým plechem pod zámkovým pouzdrem a tažen vzhůru. Po jeho maximálním vysunutí (asi 200 mm) je podobně chycen druhý kryt a proces pokračuje až do vysunutí zábradlí.



Ochranný kryt je připevněn nejvyššímu kotevníku pomocí šroubů.

Kotvení je navrženo pomocí svorníkových kotev, které jsou usazeny do betonového základu. Kotvy procházejí dírami v plechu kotevníku a pevně jej drží (=kotví) do základu. Vnější část kotvy je opatřena závitem, na který je poté našroubována a dotažena matice. Kotevníky jsou takto upevněny na stěně.

Na kotevníky jsou přišroubovány nevýsuvné části teleskopických lišt. Tímto jsou také upevněny. V zatažené poloze musí kotvení nést celou váhu zábradlí. Ve vytažené poloze také přímé zatížení.



Obr. 34 - Použitá svorníková kotva a postup jejího kotvení [9]

4 VÝPOČTOVÁ ČÁST

Tato část obsahuje především výpočty pevnostní kontroly, jak ruční, tak pomocí MKP a také krátký popis přibližující daný výpočet.

Výpočtová část je počítána následovně: Nejprve jsou určeny síly a požadavky na zábradlí jako celek. Dále jsou tyto parametry převedeny na jednotlivé součásti a poté jsou tyto součásti vypočítávány v kritických místech jako průřezy, závity a jiné.

Na zábradlí může působit několik různých sil v různých směrech, a každá z nich namáhá mnoho různých dílů, často ve zcela rozdílnými způsoby.

Vzhledem k tomu je potřeba uvést, že v této práci nejsou uvedeny všechny výpočty. V ohledu na délku a složitost jsou počítány pouze ty nejkritičtější.

Určené nejkritičtější součásti jsou uvedeny v kapitole 4.2. Jsou zde také seřazeny a očíslovány pro lepší orientaci v uvedených výpočtech.

Přestože vysunování a zasunování zábradlí jsou opakující se jevy, jejich frekvence je velmi nízká. Vzhledem k návrhovému předpokladu použití nanejvýš několikrát týdně,

V této práci není počítáno s dynamickým namáháním. Částečně protože vzhledem k předešlému bodu, kde by poté tato práce byla mimo rozsah bakalářské práce. Také je potřeba poznamenat, že dynamická namáhání by měla extrémně nízkou frekvenci, a je tedy možné jej pominout.

V ohledu na pominutí dynamického namáhání navrhuji součásti a spoje s vyššími bezpečnostními koeficienty.

4.1 Zhodnocení působících sil a požadavků na zábradlí

Zde je vyhodnocení jednotlivých sil se kterými je dále počítáno a jejich zdůvodnění. Jsou zde také shrnuty jiné parametry použitých výpočtů.

Pro použití tohoto návrhu v praxi je potřeba potvrdit, že zvolený návrh bude schopen odolávat jak namáhání které vycházejí z jeho používání, tak také namáhání, které vycházejí z jeho funkce, což je v tomto výpočtu nahrazeno následujícími silami. Pro lepší orientaci lze nahlédnout na obr. 35 .

- 1) Tíhová síla zábradlí, důsledkem jeho hmotnosti.

$$F_1 = m_c \cdot g = 34,18 \cdot 9,81 = 335,3 \doteq 335 \text{ N} \quad (1)$$

- 2) Vertikální síla (nahoru) působící na madlo vzniklá zvedáním bloku zábradlí do vysunuté polohy.

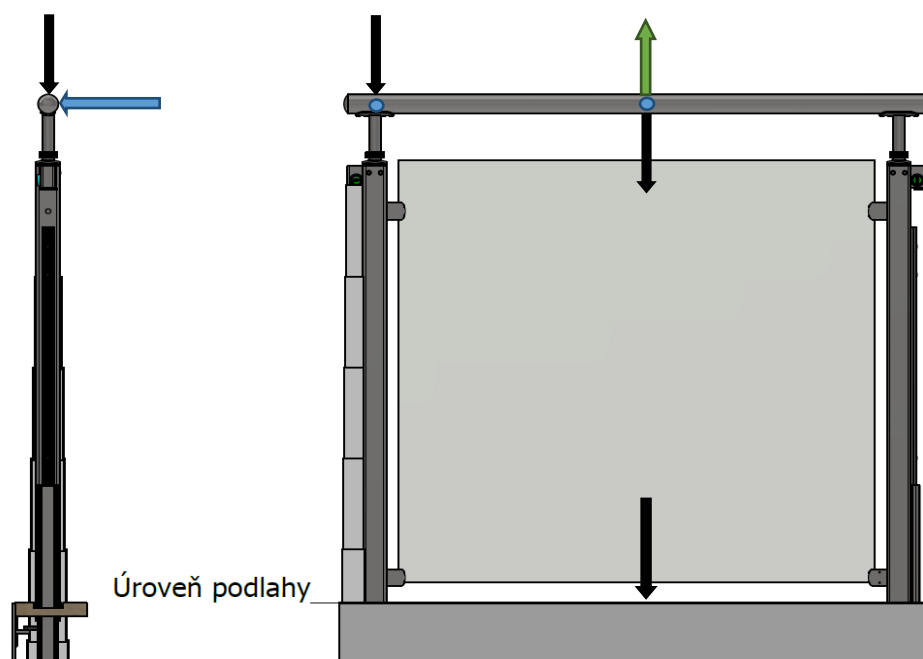
■ $F_2 = m_v \cdot g + 50 = 25,4 \cdot 9,81 + 50 = 299,233 \doteq 300 \text{ N} \quad (2)$

- 3) Vertikální síla (dolu) působící na madlo, která nahrazuje osobu opírajícího se o zábradlí.

■ $\text{Voleno: } F_3 = 600 \text{ N} \quad (3)$

- 4) Horizontální síla působící na sklo nebo na madlo nahrazující padající osobu, které zábradlí.

■ zabránilo proniknutí do nebezpečné zóny.
 $\text{Voleno: } F_4 = 600 \text{ N} \quad (4)$



Obr. 35 – Umístění počítaných síl působících na zábradlí

Na obrázku lze také vidět, že některé síly jsou zobrazeny na více místech. Tím není myšleno, že působí na několika místech najednou.

Je bráno v potaz, že některé součásti jsou kriticky namáhány, je-li síla aplikována uprostřed zábradlí, a jiné jsou více namáhány, pokud síla působí přímo nad sloupkem.

Požadavky na zábradlí se poměrně jednoduše dají shrnout na schopnost vydržení všech sil a namáhání na něj působících s dostatečnou bezpečností.

4.2 Zhodnocení kritických míst návrhu

Zde je mé vyhodnocení součástí a průřezů, kde by mohlo dojít k poruše.

Tato podkapitola slouží především pro orientaci ve výpočtové části.

Jsou zde také uvedeny další informace pro některé součásti a zdůvodnění proč výpočty některých součástí uvedeny nejsou.

V ohledu na délku práce nejprve vytvářím jednotný přehled umístění kritických míst. Výpočtová kontrola každého kritického místa se nachází v příslušné kapitole, ale jejich umístění v návrhu lze nejlépe najít zde.

Obr. 36 vykresluje řez pravým (levým při pohledu zezadu) sloupkem zábradlí ve vysunuté poloze.

Pro lepší znázornění je použito přerušení. Je jasně označeno.

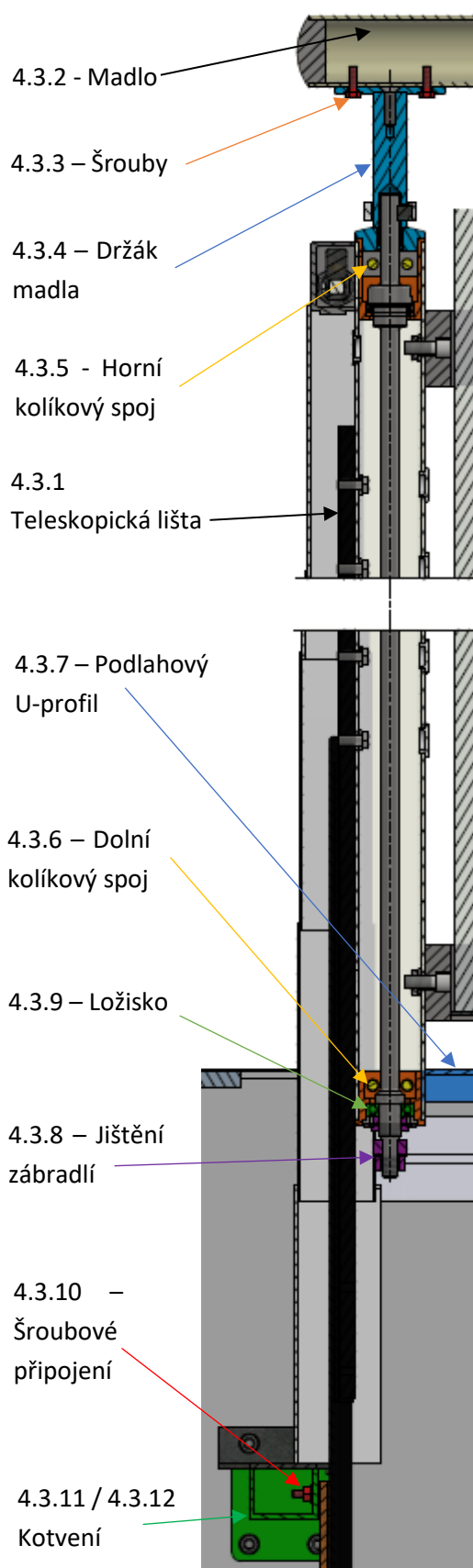
Kotvení 1 a 2 také nejsou zobrazeny pro lepší znázornění. Jejich výpočty nejsou uvedeny, a jsou velmi podobné výpočtům 4.3.11/12.

Jsou zde znázorněny všechny počítané součásti a spoje. Upozorňuji, že některé součásti jsou počítány v zasunuté poloze obr. 35 slouží pouze k orientaci.

Šroubové spojení mezi teleskopickou lištou a sloupkem není uvedeno, protože jeho výpočet je velmi podobný již uvedenému výpočtu 4.3.10, pouze se šrouby M6 (místo M5) a menšími silami.

Vycházím zde z předpokladu že pokud kontrolovaná bezpečnost ve spoji 4.3.10 vychází, bude vycházet také tato kontrola.

Při výpočtu kotvení 4.3.11 a 4.3.12 počítám jak kotvící šrouby, tak svary samotného kotevníku. Výpočty jsou jasně popsány v příslušné podkapitole.



Obr. 36 – Kritická místa návrhu – řez sloupkem zábradlí

4.3 Kontroly jednotlivých kritických míst a součástí

V této podkapitole jsou veškeré numerické kontroly součástí a průřezů ve dříve zvolených kritických místech. Každá součást má také krátký popis a zhodnocení. Některé součásti mají pevnostní kontroly pomocí MKP.

4.3.1 Kontrola teleskopického vedení

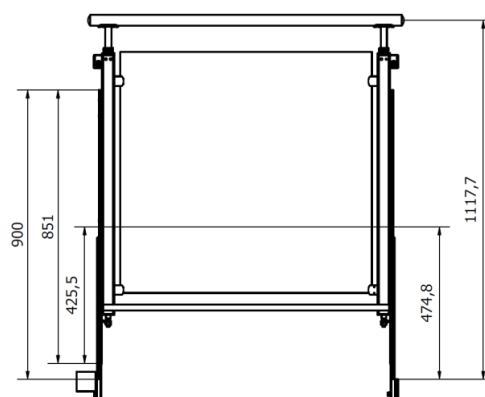
Jedná se z velké části o kontrolu katalogovou.

Vzhledem ke složitosti pevnostní kontroly celého vedením, jsou použity hodnoty v katalogu prodejce, které jsou přepočítávány pro použití v tomto návrhu. Odkaz na katalog [7] a použité hodnoty dle tohoto katalogu v tabulce (1). Vycházím z předpokladu, že údaje v katalogu jsou již uvedeny s náležitými bezpečnostními konstantami, a pouze přepočítávám pro rameno síly dle mého návrhu.

*Nosnost je rovnoměrně rozložena na pár lišt

Tabulka 1 - Teleskopického vedení dle [7]

Délka vysunuté lišty	Druh zatížení	Nosnost*	Průhyb
900	Nakolmo	151 kg	24 mm



Obr. 37 – Umístění počítaných sil teleskopického vedení

Přepočet dovolené síly je dle rovnostní momentů

$$\sum M = 0 = -N_K \cdot L_K + N_N \cdot L_N \quad (5)$$

$$N_N = \frac{N_K \cdot g \cdot L_K}{L_N} = \frac{151 \cdot 9,81 \cdot 474,8}{1117,7} = 629,13 \text{ N} \quad (6)$$

Přepočítanou dovolenou sílu dále porovnávám k navrhnuté síle působící na zábradlí zepředu.

$$N_N \geq F_4 \rightarrow 629 \text{ N} \geq 600 \text{ N} \quad (7)$$

Navrhnuté teleskopické vedení tedy splňuje stanovené požadavky. Jako jedny z nejdražších součástí, teleskopické vedení není vhodné předimenzovávat.

Tabulka 2 – Kontrola teleskopického vedení dle přepočtu maximálního síly madla

N_N		N	Maximální zatížení na madlo pro sílu působící zepředu
L_N	= 1117,7	mm	Rameno k madlu
N_K	= 1481,31	N	Katalogové maximální zatížení
L_K	= 474,8	mm	Rameno katalogového zatížení
F_4	= 600	N	Volená síla působící zepředu zábradlí, kterou musí zábradlí unést

4.3.2 Kontrola madla na ohyb

Kontrola madla na ohyb je prováděna pomocí porovnání ohybového napětí v kritickém místě madla při použité síle s dovoleným ohybovým napětím oceli.

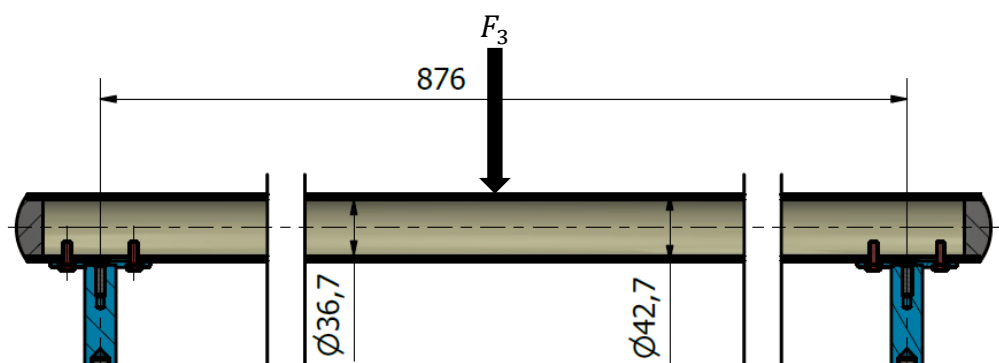
Tabulka 3 - Kontrola madla na ohyb

F_3	= 600	N	Namáhání smykem
L_M	= 875,6	mm	Vzdálenost mezi sloupky
d_M	= 42,7	mm	Vnější průměr madla
D_M	= 38,7	mm	Vnitřní průměr madla
$R_{e\ 1.4301}$	= 190	MPa	Mez kluzu pro nakupovaný materiál [26] (ocel 17 240)
$k_{s,2}$		-	Statická bezpečnost součásti

$$\sigma_{O,M} \leq \sigma_{DOV,M} \quad (8)$$

$$\sigma_{O,M} = \frac{M_{O,M}}{W_{O,M}} = \frac{F_3 \cdot \frac{L_M}{2}}{\frac{\pi \cdot (d_M^4 - D_M^4)}{32 \cdot d_M}} = \frac{600 \cdot \frac{876}{2}}{\frac{\pi \cdot (42,7^4 - 38,7^4)}{32 \cdot d_M}} = \frac{262\ 680}{2486} = 105,65 \quad (9)$$

$$k_{s,2} = \frac{R_{e-1.4301}}{\sigma_{O,M}} = \frac{190}{105,65} = 1,8 \quad (10)$$



Obr. 38 – Kontrola madla na ohyb

4.3.3 Kontrola šroubového připojení připojení madla

Kontrola tahového napětí ve šroubu

Velmi podobná předešlé kontrole, ale zde je počítáno s silou F_3 , která je přenášena přímo tímto závitem.

$$\sigma_{t,\text{šM}} = \frac{F_3}{S_{\text{šM}}} = \frac{\frac{F_3}{2}}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{3,\text{šM}}^2} = \frac{\frac{600}{2}}{\frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{4,675 + 4,387}{2}\right)^2} = \frac{300}{16,1} = 18,6 \text{ MPa} \quad (11)$$

Mez kluzu pro šroub 4.6 je 240 MPa, šroub zatížení vyhovuje

Tabulka 4 - Šroubové spojení připojení madla

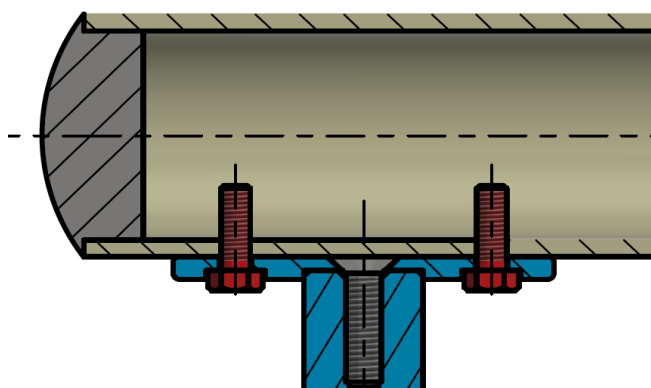
F_3	= 600	N	Působící síla
$d_{\text{šM}}$	= 5	mm	Velký průměr závitu
$d_{2,\text{šM}}$	= 4,675	mm	Střední průměr závitu
$d_{1,\text{šM}}$	= 4,459	mm	Malý průměr závitu
$d_{3,\text{šM}}$	= 4,387	mm	Průměr jádra závitu
$P_{h,\text{šM}}$	= 0,5	mm	Stoupání
α	= 60	[°]	Úhel profilu
$f_{z,\text{šM}}$	= 0,25	[-]	Součinitel tření na závitu

Výpočet minimálního utahovacího momentu

$$\psi_{\text{šM}} = \arctg \frac{P_{h,\text{šM}}}{\pi \cdot d_{2,\text{šM}}} = \arctg \frac{0,5}{\pi \cdot 4,675} = 1,950^\circ \quad (12)$$

$$\varphi_{\text{šM}}^l = \arctg \frac{f_{z,\text{šM}}}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctg \frac{0,25}{\cos \frac{60}{2}} = 16,1^\circ \quad (13)$$

$$\begin{aligned} M_{u,\text{šM}} &= F_3 \cdot \tan(\psi_{\text{šM}} + \varphi_{\text{šM}}^l) \cdot \frac{d_{2,\text{šM}}}{2} = \\ &= 300 \cdot \tan(1,95^\circ + 16,1^\circ) \cdot \frac{4,675}{2} = 250 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned} \quad (14)$$



Obr. 39 – Řez připojením madla

Kontrola délky závitu

Tlak v závitech, který by způsobil otláčení a opotřebení závitů, by vedl ke špatné funkci šroubů. Proto je nutné tlak v závitech kontrolovat. Při kontrole závitů na otláčení vycházíme z podmínky pro otláčení:

$$p = \frac{F_a}{S_p} \leq p_{DOV} \rightarrow S_p \geq \frac{F_a}{p_{DOV}} \quad (15)$$

Tabulka 5 - Kontroly výšky závitu připojení madla

F_a	$= F_3$	N	Zatěžující síla
p_{DOV}	$= 110$	MPa	Dovolený tlak pro šroub 6.8
H_1	$= 1,5$	mm	Nosná výška závitu
$P_{\text{šM}}$	$= 0,5$	mm	Rozteč závitu
$h_{\text{šM}}$	$= 2$	mm	Hloubka díry se závitem

$$S_p = \pi \cdot d_2 \cdot \frac{d - d_1}{2} \cdot \frac{h}{P} \geq \frac{F}{p_{DOV}} \cdot k \quad (16)$$

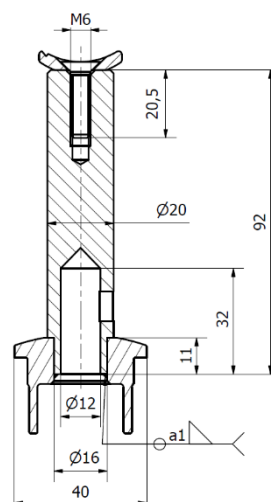
Vyjádření bezpečnosti spoje:

$$k_{s,3} = \pi \cdot d_{2,\text{šM}} \cdot \frac{d_{\text{šM}} - d_{1,\text{šM}}}{2} \cdot \frac{h_{\text{šM}}}{P_{\text{šM}}} \cdot \frac{p_{DOV}}{\frac{F_3}{2}} = \pi \cdot 4,675 \cdot \frac{5 - 4,459}{2} \cdot \frac{2}{0,5} \cdot \frac{110}{\frac{600}{2}} = 5,827 \quad (17)$$

4.3.4 Kontrola držáku madla a násuvné části sloupku

Tuto součást je potřeba zkontrolovat z několika ohledů.

Je ale kontrolována pouze na sílu F_2 (vzhůru), protože ostatní síly jsou zachyceny tvarovými (plošnými) styky. Ty zde nejsou počítány, protože jsou méně kritické než styk v bodu 3.5.6, kde jsou stykové plochy podstatně menší.



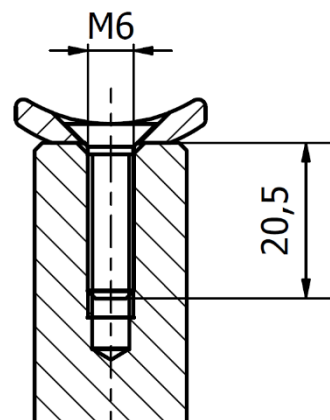
Obr. 40 - Sestava v horní části sloupku

1) Kontrola šroubu spojovací desky

Je to vlastně kontrola závitu (šroubu) zatíženého osovou silou utahovaném v nezatíženém stavu. Je počítána pouze pro namáhání F_2 , z předpokladu že namáhání F_3 je zachyceno a přeneseno plošným stykem dle obr. 40.

Tabulka 6 - Šroubové spojení šroubu spojovací desky

$d_{\text{šD}}$	= 6	mm	Velký průměr závitu
$d_{2,\text{šD}}$	= 5,35	mm	Střední průměr závitu
$d_{3,\text{šD}}$	= 4,773	mm	Průměr jádra závitu
$P_{h,\text{šD}}$	= 1	mm	Stoupání
α	= 60	°	Úhel profilu
$f_{z,\text{šD}}$	= 0,18	-	Součinitel tření na závitu
$M_{u,\text{šD}}$	= 3,70	N·m	Utahovací moment dle [21]
$f_{\text{šD}}$	= 0,2	-	Součinitel tření pod hlavou š.
$d_{k,\text{šD}}$	= 11	mm	Vnější průměr hlavy šroubu



Obr. 41 - Šroub spojovací desky

Šroub bude utážen standartním utahovacím momentem dle [21] a tabulky 6.

$$M_{u,\text{šD}} = M_{TZ,\text{šD}} + M_{TM,\text{šD}} = F_{\text{šD}} \cdot \tan(\psi_{\text{šD}} + \varphi^l_{\text{šD}}) \cdot \frac{d_{2,\text{šD}}}{2} + F_{\text{šD}} \cdot f_{\text{šD}} \cdot \frac{d_{s,\text{šD}}}{2} \rightarrow \quad [2](18)$$

$$F_{\text{šD}} = \frac{M_{u,\text{šD}}}{\tan(\psi_{\text{šD}} + \varphi^l_{\text{šD}}) \cdot \frac{d_{2,\text{šD}}}{2} + f_{\text{šD}} \cdot \frac{d_{s,\text{šD}}}{2}} = \frac{3700}{\tan(3,405^\circ + 11,742^\circ) \cdot \frac{5,35}{2} + 0,2 \cdot \frac{8,5}{2}} = 1609,9 = 1610 \text{ N} \quad (19)$$

$$\psi_{\text{šD}} = \arctg \frac{P_{h,\text{šD}}}{\pi \cdot d_{2,\text{šD}}} = \arctg \frac{1}{\pi \cdot 5,350} = 3,405^\circ \quad (20)$$

$$\varphi^l_{\text{šD}} = \arctg \frac{f_{z,\text{šD}}}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctg \frac{0,18}{\cos \frac{60}{2}} = 11,742^\circ \quad (21)$$

$$d_{s-\text{šD}} = \frac{d_{k,\text{šD}} + d_{\text{šD}}}{2} = \frac{11 + 6}{2} = 8,5 \text{ mm} \quad (22)$$

Kontroluji, zda síla utažení šroubu je dostatečně vyšší než síla, která působí pro jeho vytažení

$$F_2 \cdot k_{s,4-1} \leq F_{\text{šD}} \rightarrow k_{s,4-1} = \frac{F_{\text{šD}}}{F_2} = \frac{1610}{300} = 5,367 [-] \quad (23)$$

Kontrola tahového napětí ve šroubu

$$\sigma_{t,\text{šD}} = \frac{F_{\text{šD}}}{S_{\text{šD}}} = \frac{F_{\text{šD}}}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{3,\text{šD}}^2} = \frac{1610}{\frac{\pi}{4} \cdot 4,773^2} = \frac{1610}{17,893} = 89,979 \text{ MPa} \quad (24)$$

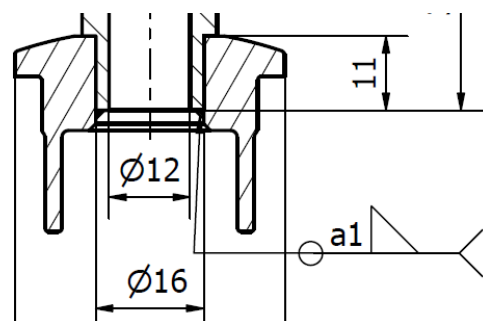
Mez kluzu pro šroub 4.6 je 240 MPa, šroub zatížení vydrží

2) Kontrola svaru mezi sloupkovým víkem a sloupkovou tyčí.

V tomto případě je ohybový moment způsobný silou F_4 zachycena tvarovým spojem a síla F_3 je také přenášena tvarově dotykem ploch.

Řez spojem na je obr. 42.

Svar je tedy namáhán pouze pro přenos síly F_2



Obr. 42 - Svar mezi sloupkovým víkem a sloupkovou tyčí

Tabulka 7 – Výpočtové hodnoty svarového spojení sloupkového víka a sloupkové tyče

D_S	-	mm	Střední průměr svaru
d_t	= 12	mm	Vnější průměr svaru
s_s	= 1	mm	Tloušťka svaru
τ_{II}	-	MPa	Tahové napětí ve svaru
a_t	= 1	mm	Účinný rozměr (tloušťka svaru)
k_3	= 0,75	-	Součinitel pro čelní koutový svar [2]
$R_{e-11373}$	= 270	MPa	Mez kluzu základního materiálu
β	= 1,2	-	Součinitel tloušťky koutového svaru

Nejprve je potřeba zjistit střední průměr svaru, který bude poté použit dále ve výpočtu.

$$D_S = d_t - s_s = 12 - 1 = 11 \quad (25)$$

Výpočet tahového napětí ve svaru:

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed}}{A_w} = \frac{F_2}{\pi \cdot D_S \cdot a_t} = \frac{300}{\pi \cdot 11 \cdot 1} \leq k_3 \cdot \frac{R_e}{k_s} \quad (26)$$

Vyjádření statického bezpečnostního součinitele svaru:

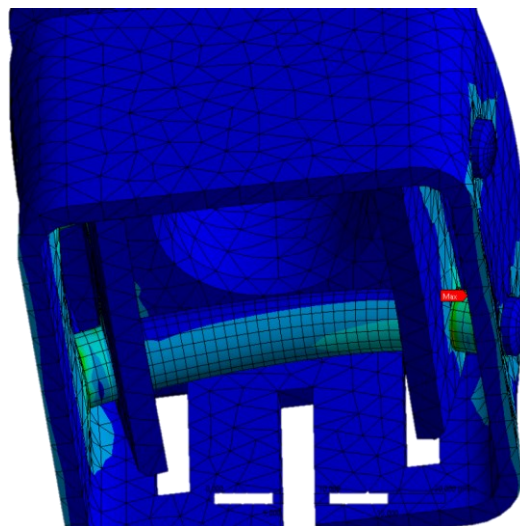
$$k_{s,4-2} = \frac{R_{e-11373} \cdot k_3}{\tau_{II}} = \frac{R_{e-11373} \cdot k_3}{\frac{F_2}{\pi \cdot D_S \cdot a_t}} = \frac{250 \cdot 0,75}{\frac{300}{\pi \cdot 11 \cdot 1}} = \frac{202,5}{6,821} = 23,326 \quad (27)$$

4.3.5 Kontrola kolíků horních pomocí MKP

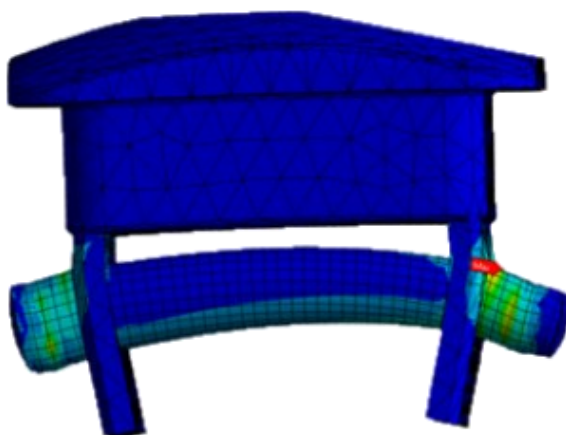
Pro tuto kontrolu je vybrán spoj pomocí kuželových kolíků v horní části sloupku. Kontrola je stavu, kdy se zábradlí vysouvá, a působí na něj síla vzhůru. Kontrolovaný model velmi zjednodušen. Skládá se pouze ze 4 částí: 2 Kolíků, horní víko a uříznutý sloupek. Uříznutá plocha sloupku je zadána jako nulové přemístění ve všech osách, zatímco na stěnu díry víka působí vertikální síla orientovaná vzhůru o velikosti 250 N.



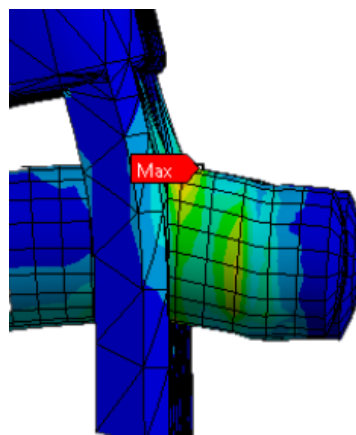
Obr.43 - Výsledek napěťové analýzy



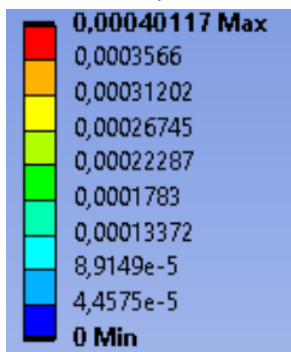
Obr. 44 - Zobrazení celého spoje



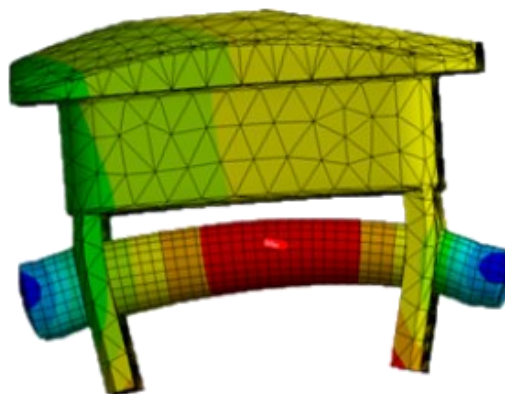
Obr. 45 - Boční pohled se zneviditelněným sloupkem



Obr. 46 - Přiblížení max. napětí



Obr. 47 - Deformace v mm

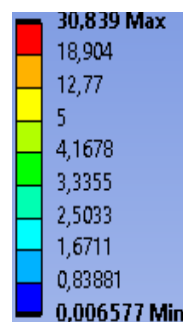


Obr. 48 - Deformace se zneviditelněným sloupkem

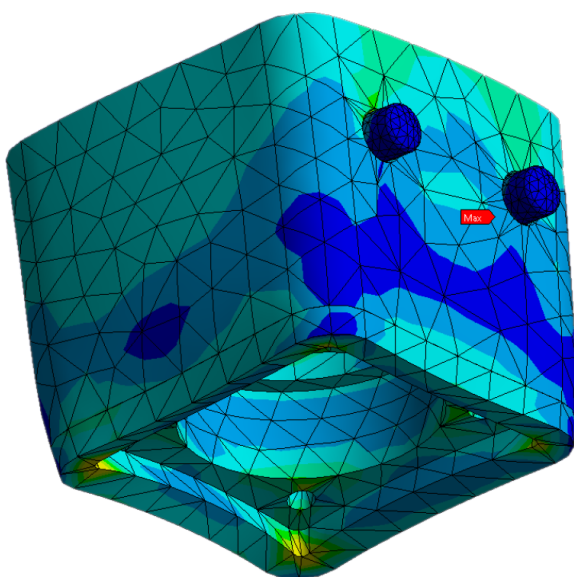
$$k_{s,5} = \frac{R_{e-11500}}{\sigma_{MKP,1}} = \frac{270}{6,296} = 42,884 \quad (28)$$

4.3.6 Kontrola kolíků spodních pomocí MKP

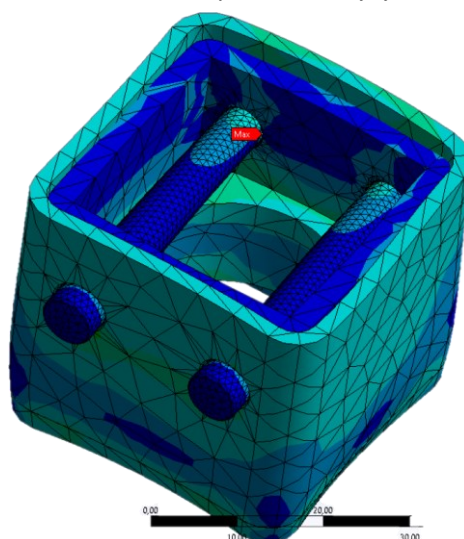
Je kontrolováno napětí ve spodním kolíkovém spoji. Kontrola je v okamžiku, kdy je zábradlí ve vysunuté poloze, a působí na něj síla F_3 . Tato síla působí jako vzdálená síla na uříznutou plochu sloupku. Plocha, kde dosedá ložisko je zadána jako pevná pomocí přemístění rovnému 0 ve všech osách.



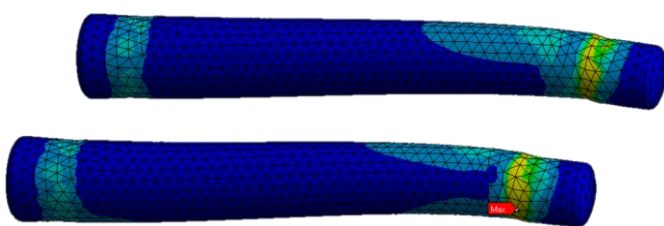
Obr. 49 - Výsledek
napěťové analýzy v MPa



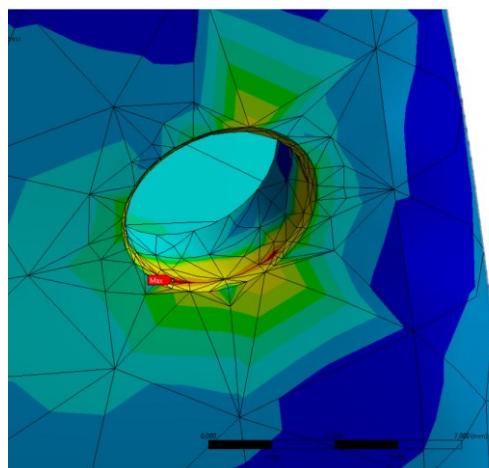
Obr. 50 - Zobrazení celého spoje v pohledu zdola.



Obr. 51 - Zobrazení celého spoje v
pohledu shora



Obr. 52 - Namáhání na kuželové kolíky

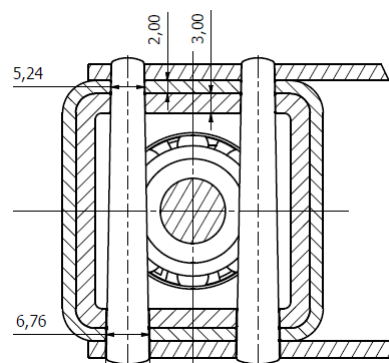


Obr. 53 - Přibližné místo nejvyššího
napětí

$$k_{s,6-1} = \frac{R_{e-11500}}{\sigma_{MKP,2}} = \frac{270}{30,839} = 8,755 \quad (29)$$

Vzhledem k významu tohoto spoje je také proveden analytický výpočet. Vždy je potřeba brát v úvahu, že MKP kontroly nejsou neomylné, a velmi závisí na zadaných vstupech, typech spojů a podobně.

Vzhledem ke složitosti výpočtu, provádím kontrolu pro hladký čep o průměru 5 mm. Tento výpočet tedy není příliš přesný, ale pohybuje se na straně bezpečnosti. Výsledné namáhání lze porovnat s namáháním vypočteným v MKP.



Obr. 54 - Průřez místem kolíkového spoje

$$\sigma_{O,K} = \frac{M_{O,K}}{W_{O,K}} = \frac{\frac{1}{n_K} \cdot \frac{F_3}{2} \cdot \left(\frac{T_S}{2} + \frac{T_P}{2}\right)}{\frac{\pi \cdot d_k^{*3}}{32}} = \frac{\frac{600}{4} \cdot \left(\frac{2}{2} + \frac{3}{2}\right)}{\frac{\pi \cdot 5^3}{32}} = 30,558 \text{ MPa} \quad (30)$$

$$\tau_{MAX,K} = \frac{4}{3} \cdot \frac{\frac{F_3}{n_K}}{\pi \cdot \frac{d_k^{*2}}{4}} = \frac{16 \cdot F_3}{n_K \cdot 3 \cdot \pi \cdot d_k^{*2}} = \frac{16 \cdot 600}{2 \cdot 3 \cdot \pi \cdot 5^2} = 20,372 \text{ MPa} \quad (31)$$

Výpočet kombinovaného namáhání kolíkového spoje:

$$\sigma_{RED,K} = \sqrt{\sigma_{O,K}^2 + 4 \cdot \tau_{MAX,K}^2} = \sqrt{30,558^2 + 4 \cdot 20,372^2} = 50,930 \text{ MPa} \quad (32)$$

Výpočet analytické statické bezpečnosti kolíkového spoje:

$$k_{S,6-2} = \frac{R_{e-11500}}{\sigma_{RED,K}} = \frac{270}{50,930} = 5,301 \quad (33)$$

Tabulka 8 - Výpočtové hodnoty dolního kolíkového spoje

F_3	= 600	N	Působící síla
n_K	= 5	[-]	Počet kolíku ve spoji
T_S	= 2	mm	Tloušťka stěny sloupku
T_P	= 3	mm	Tloušťka stěny pouzdra
d_k^*	= 5	mm	Použitý průměr kolíku (*zjednodušeno)
$p_{D,K}$	= 80	MPa	Dovolený tlak

Součástí analytické kontroly je také kontrola na otlačení.

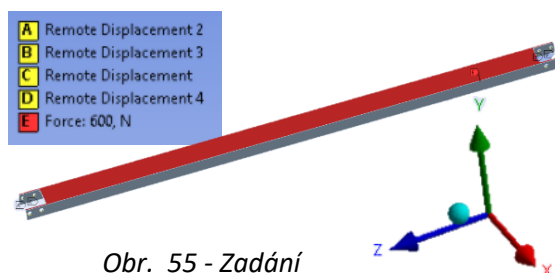
Kontroluji pouze slabší součást, tedy sloupek.

$$p_K = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F_3}{n_K}}{2 \cdot T_S \cdot d_k^*} = \frac{\frac{600}{2}}{2 \cdot 2 \cdot 5} = 15 \text{ MPa} < p_{D,K} \quad (34)$$

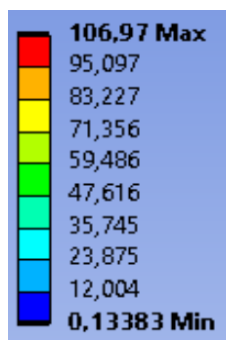
$15 < 80 \rightarrow$ Kontrola otlačení je tedy splněná

4.3.7 Kontrola podlahového profilu pomocí MKP

Kontrola podlahového U profilu. Předpokládá, že zábradlí ve vysunuté poloze, a podlahový profil je zatížen silou F_3 uprostřed plochy která tvoří podlahu. Plochy děr pro kuželové kolíky jsou pevné, pomocí nulového přemístění v osách z a y, zadány pro každý kolík samostatně.

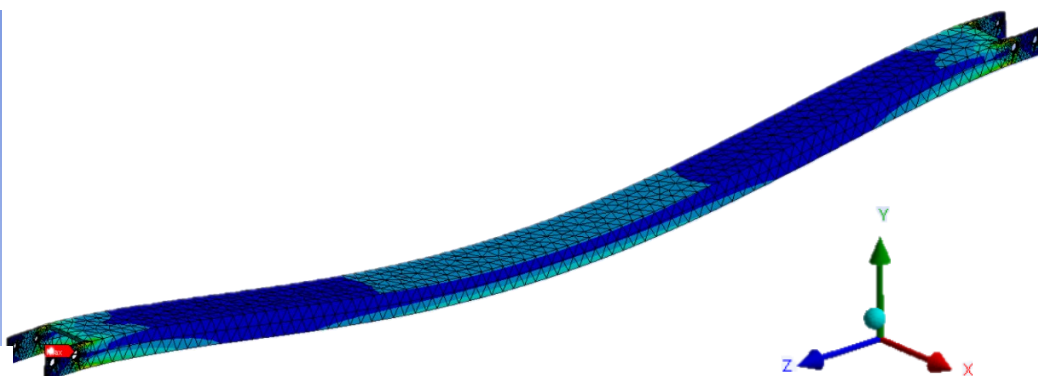


Obr. 55 - Zadání

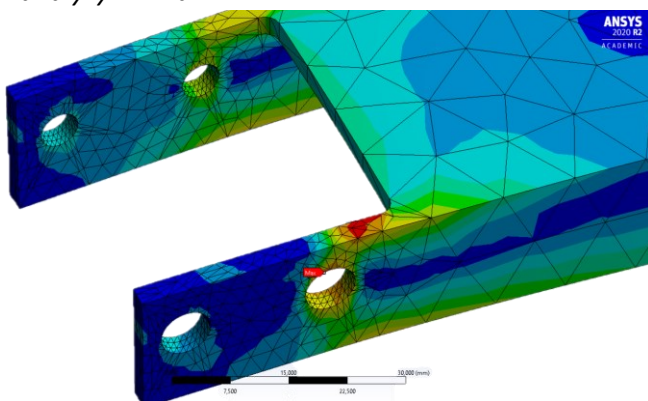


Obr. 56 -

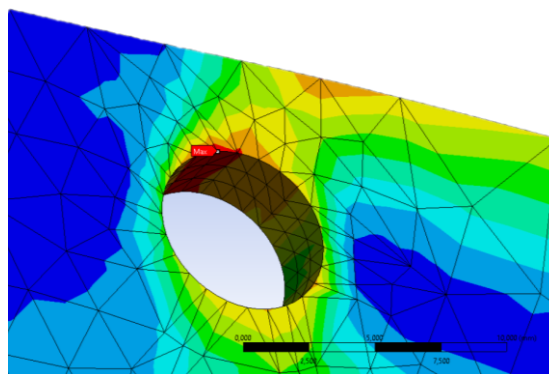
Výsledek napěťové
analýzy v MPa



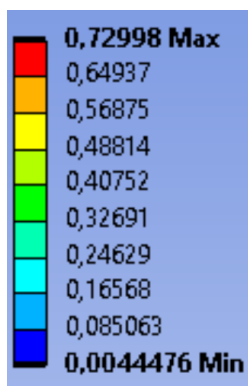
Obr. 57 - Zobrazení celé součásti



Obr. 58 - Přiblížený pohled na díry pro kolíky

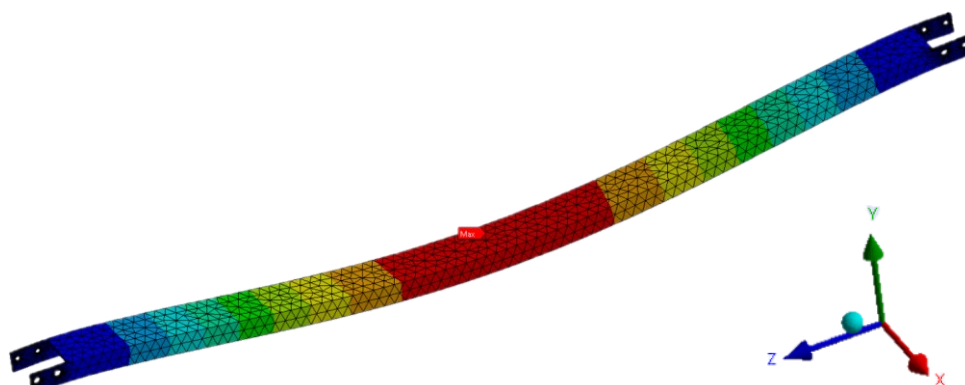


Obr. 59 - Přiblížení max. napětí



Obr. 60 -

Deformace v mm

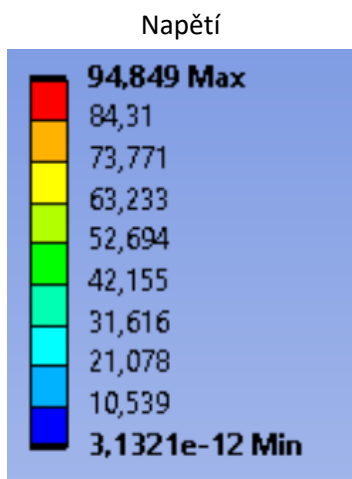


Obr. 61 - Zobrazení deformace celé součásti

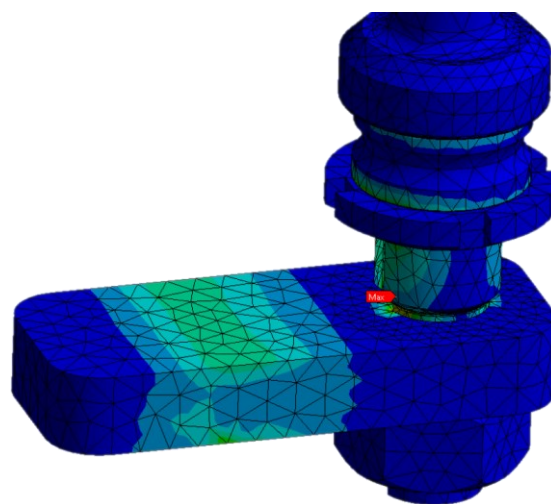
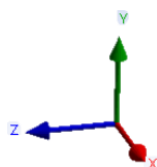
$$k_{s,7} = \frac{R_{e-11500}}{\sigma_{MKP,3}} = \frac{270}{106,97} = 2,524 \quad (35)$$

4.3.8 Kontrola zábradelního jištění pomocí MKP

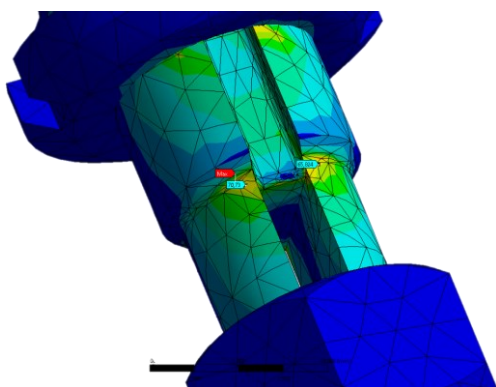
Kontrola zábradelního jištění. Kontrola je v okamžiku kdy je zábradlí ve vysunuté poloze, a působí na něj síla F_3 . Tato síla působí na pojistnou matici, kde pomocí vázaného spojení přenášena na hřídel. Jištění je vázáno na hřídel i na matici. Matice má vázané spojení na hřídel reprezentující závitový spoj. Plocha kde jištění dosedá na kotvenou podpěru je zadána jako pevná pomocí nodálního přemístění rovnému 0 ve ose y. V osách x,z a momentech je MKP model zajištěn v ložisku.



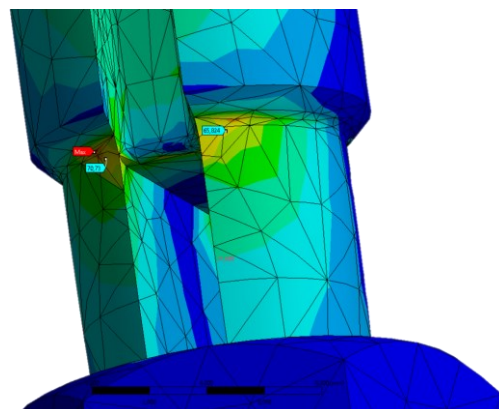
Obr. 63 - Výsledek napěťové analýzy v MPa



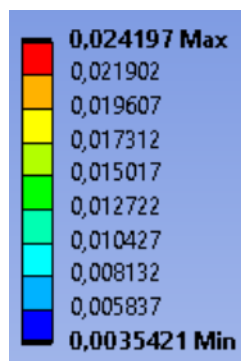
Obr. 62 - Zobrazení celého spoje



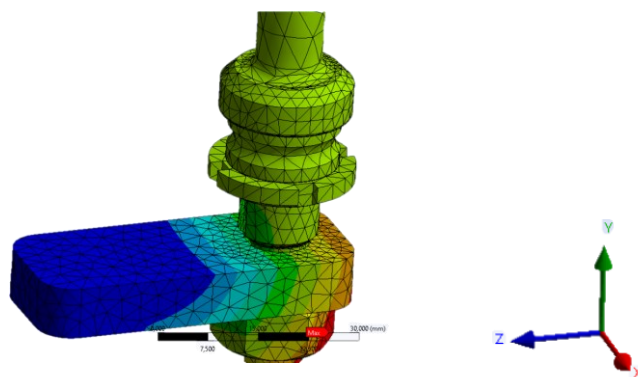
Obr. 64 - Pohled se zneviditelněným jištěním



Obr. 65 - Přiblížení max. napětí



Obr. 66 - Deformace v mm



Obr. 67 - Zobrazení deformace celého uzlu

$$k_{s,8} = \frac{R_{e-11500}}{\sigma_{MKP,4}} = \frac{270}{106,97} = 2,524$$

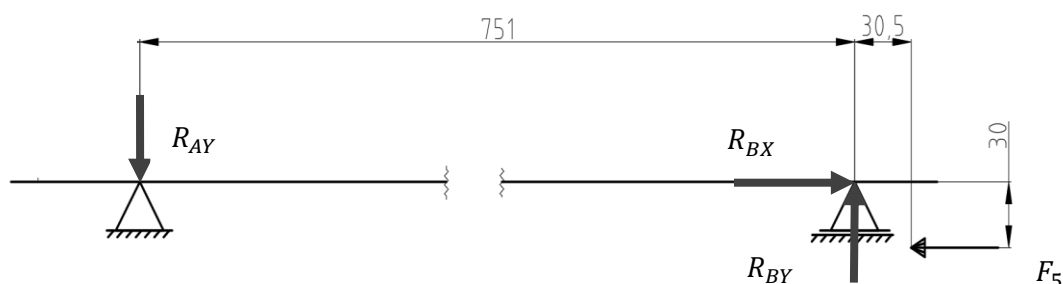
(36)

4.3.9 Kontrola ložiska

Pro zjištění sil působících na ložiska je potřeba vypočítat reakční síly hřídele.

Výpočet reakčních sil hřídele

Zde vycházím z předpokladu, že zábradlí je vysunuté a zajištěné. Dále předpokládám kritický stav, tedy připočítávám sílu F_3 , zvolenou v kapitole 4.1, která působí přímo nad sloupkem a je tedy celá přenášena na jeden hřídel.



Obr. 68 – Reakční síly ovládacího hřídele

Výpočet reakčních sil působících na hřídel, kde :

R_{AY}	[N]	Reakce hřídele v lokální ose y, v ložisku A
R_{BY}	[N]	Reakce hřídele v lokální ose y, v ložisku B
R_{BX}	[N]	Reakce hřídele v lokální ose x, v ložisku B
$F_5 = F_3$	[N]	Reakční síla působící na blokovací člen z důsledku tíhové síly vyvinuté na 1 sloupek zábradlí
l_1, l_2, l_3	[mm]	Délkové rozměry hřídele

$$\sum_B M = 0 = R_{AY} \cdot l_1 - F_1 \cdot l_3 \rightarrow \quad (37)$$

$$R_{AY} = \frac{F \cdot 30}{751} = \frac{600 \cdot 30}{751} = 23,968 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0 = R_{AY} - R_{BY} = 0 \rightarrow R_{BY} = R_{AY} = 23,968 \text{ N} \quad (38)$$

$$\sum F_X = 0 = R_{BX} - F_3 = 0 \rightarrow R_{BX} = 600 \text{ N} \quad (39)$$

Kontrola axiálně pevného ložiska

CALCULATION DATA

Basic dynamic load rating	C	5.4 kN
Basic static load rating	C ₀	2.36 kN
Fatigue load limit	P _u	0.1 kN
Reference speed		60 000 r/min
Limiting speed		38 000 r/min
Calculation factor	k _r	0.025
Calculation factor	f ₀	13

Obr. 69 – Výpočetní data zvoleného ložiska SKF 6001 ZZ [22]

Výpočtové součinitele pro kuličková ložiska			
Jednořadá ložiska a dvouřadá ložiska Normální vůle			
f ₀ F _a /C ₀	e	X	Y
0,172	0,19	0,56	2,3
0,345	0,22	0,56	1,99
0,689	0,26	0,56	1,71
1,03	0,28	0,56	1,55
1,38	0,3	0,56	1,45
2,07	0,34	0,56	1,31
3,45	0,38	0,56	1,15
5,17	0,42	0,56	1,04
6,89	0,44	0,56	1

Obr. 70 - Výpočtové součinitele pro kuličková ložiska

$$f_0 \cdot \frac{F_a}{C_0} = f_0 \cdot \frac{R_{AY}}{C_0} = 13 \cdot \frac{600}{2360} = 3,305 \quad (40)$$

Ekvivalentní statické zatížení:

$$F_{e0} = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,56 \cdot 24 + 1,15 \cdot 600 = 703,44 \quad (41)$$

Statická bezpečnost

$$k_{s,9} = k_{s_0} = \frac{C_0}{F_{e0}} = \frac{2360}{703,44} = 3,355 \quad (42)$$

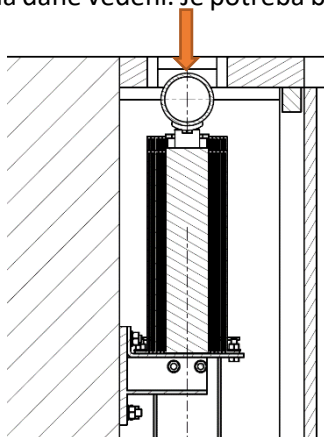
Vzhledem ke kyvné povaze pohybu (nedochází k rotaci 360°), ke kterému také dochází velmi zřídka, počítat dynamickou únosnost nemá smysl.

Při výpočtě pomocí „SKF Bearing select“ vychází statická bezpečnost $k_{SKF} = 7,51$

4.3.10 Kontrola šroubů teleskopické lišty

V běžném provozu vy zábradlí nemělo být namáháno jinak než tíhou výsuvné části, a tou pouze v je-li zábradlí zasunuté. Mohou však být také namáhány v případě, že je na zábradlí tlačeno že předu (nebo taženo). Také budou namáhány v případě, že výsuvná část zábradlí bude tahána vzhůru, kdy zcela vysunutá teleskopické vedení bude tuto sílu přenášet na kotvení. Pro následující kontroly jsem si ale určil případ, kdy je zábradlí nedopatřením zatíženo v zasunutém stavu, např. pokud na něj někdo nedopatřením šlápne. V tomto případě bude na zábradlí působit součet sil: $\frac{2 \cdot F_1}{2} + F_3 = 935 \text{ N}$

V tomto případě budou všechna kotvení namáhána vertikální silou rovnoměrně, a síla na každé z nich bude tedy 1/3 síly aplikované na dané vedení. Je potřeba brát v úvahu že kotvení nesou také tíhu vedlejšího bloku.



Obr. 71 – Zatížení teleskopickou lištou [16]

Počítáno jako šroubové spoj zatížený silou kolmou k ose šroubu.

$$n_{\text{šL}} \cdot F_{\text{šL}} > \frac{F_{\perp \text{šL}}}{f_L} \quad (43)$$

$$F_{\text{šL}} = \frac{F_{\perp} \cdot k}{n_{\text{KOT}} \cdot n_{\text{šL}} \cdot f_L} = \frac{\left(\frac{n_{\text{ZK}} \cdot F_1}{2} + F_3\right) \cdot k}{n_{\text{K}} \cdot n_{\text{šL}} \cdot f_L} = \frac{\left(\frac{2 \cdot 335}{2} + 600\right) \cdot 1,5}{3 \cdot 2 \cdot 0,15} = 1558 \text{ N} \quad (44)$$

Tabulka 9 - Parametry šroubového spoje šroubem M5

$d_{\text{šL}}$	= 5	[mm]	Velký průměr závitu šroubu lišty
$d_{2,\text{šL}}$	= 4,48	[mm]	Střední průměr závitu šroubu lišty
$d_{3,\text{šL}}$	= 4,019	[mm]	Průměr jádra závitu šroubu lišty
$P_{h,\text{šL}}$	= 0,8	[mm]	Stoupání šroubu lišty
α	= 60	[°]	Úhel profilu metrických šroubů
$f_{z,\text{šL}}$	= 0,25	[-]	Součinitel tření na závitu šroubu lišty
$f_{m,\text{šL}}$	= 0,3	[-]	Součinitel tření pod maticí šroubu lišty
f_L	= 0,15	[-]	Součinitel tření mezi kotevníkem a lištou
$n_{\text{šL}}$	= 6	[-]	Počet účinných šroubů každého kotvení
$S_{k,\text{šL}}$	= 10	[mm]	Vnější průměr podložky šroubu lišty
$d_{D,\text{šL}}$	= 5,3	[mm]	Vnitřní průměr podložky šroubu lišty
n_{KOT}	= 3	[-]	Počet kotvení (kotevníků)
n_{ZK}	= 2	[-]	Počet tíhových zatížení od zábradlí

Výpočet utahovacího momentu

$$\psi_{\text{šL}} = \arctg \frac{P_{h,\text{šL}}}{\pi \cdot d_{2,\text{šL}}} = \arctg \frac{0,8}{\pi \cdot 4,480} = 3,253^\circ \quad (45)$$

$$\varphi^l_{\text{šL}} = \arctg \frac{f_{z,\text{šL}}}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctg \frac{0,25}{\cos \frac{60}{2}} = 16,1^\circ \quad (46)$$

$$D_{s-\text{šL}} = \frac{S_{k,\text{šL}} + d_{D,\text{šL}}}{2} = \frac{10 + 5,3}{2} = 7,65 \text{ mm} \quad (47)$$

$$\begin{aligned} M_{u,\text{šL}} &= F_{\text{šL}} \cdot \tan(\psi_{\text{šL}} + \varphi^l_{\text{šL}}) \cdot \frac{d_{2,\text{šL}}}{2} + F_{\text{šL}} \cdot f_{m,\text{šL}} \cdot \frac{D_{s,\text{šL}}}{2} = \\ &= 1558 \cdot \tan(3,25^\circ + 16,1^\circ) \cdot \frac{4,48}{2} + 1558 \cdot 0,3 \cdot \frac{7,65}{2} = 3013 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned} \quad (48)$$

Výpočet statické síly působící obvodově na závit šroubu

$$F_{z,\text{šL}} = F_{\text{šL}} \cdot \tan(\psi_{\text{šL}} + \varphi^l_{\text{šL}}) = 1558 \cdot \tan(3,25^\circ + 16,1^\circ) = 547 \text{ N} \quad (49)$$

Výpočet statického namáhání šroubu v tahu

$$\sigma_{t,\text{šL}} = \frac{F_{\text{šL}}}{\pi \cdot \left(\frac{d_{3,\text{šL}}}{2}\right)^2} = \frac{1558}{\pi \cdot \left(\frac{4,019}{2}\right)^2} = 122,81 \text{ MPa} \quad (50)$$

Výpočet statického namáhání šroubu v krutu

$$\tau_{\text{šL}} = \frac{M_{k,\text{šL}}}{W_{k,\text{šL}}} = \frac{F_{z,\text{šL}} \cdot \frac{d_{2,\text{šL}}}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_{3,\text{šL}}^3} = \frac{547 \cdot \frac{4,480}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot 4,019^3} = 96,15 \text{ MPa} \quad (51)$$

Redukované napětí dle Guesta

$$\sigma_{\text{RED},\text{šL}} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{122,81^2 + 4 \cdot 96,15^2} = 228,171 \text{ MPa} \quad (52)$$

Výpočet statické bezpečnosti

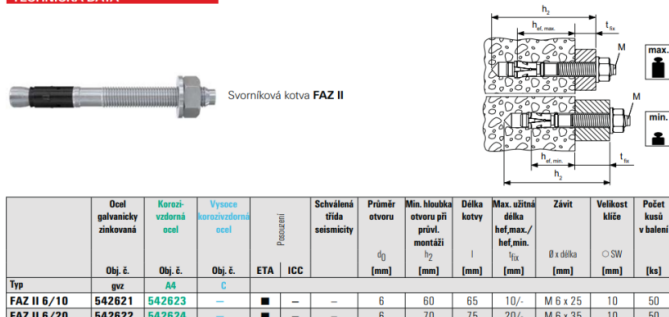
$$k_{s,10} = \frac{R_{e,\text{šL}}}{\sigma_{\text{RED},\text{šL}}} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 10}{228,171} = \frac{640}{228,171} = 2,805 \quad (53)$$

4.3.11 Kontrola kotev

Kotevní šrouby drží pevnou část teleskopického vedení na místě.

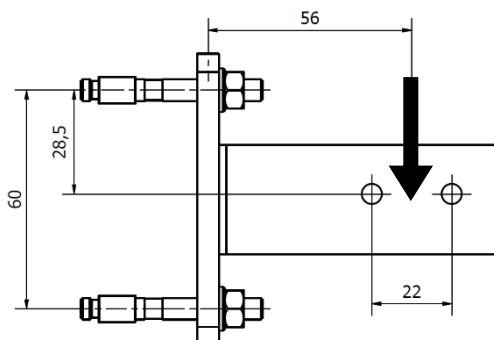
Jsou počítány na stejnou zátěž jako předešlá kontrola, náčrt sil na kotevník 1 je na obr. 70.

TECHNICKÁ DATA



Typ	Ocel povrchově zinkovaná	Korozí- vzdorná ocel	Výsledek korozivzdornosti ocel	Posazení	Schválená úhla seismicity	Průměr otvoru d ₁ [mm]	Min. hloubka otvoru při průvl. montáži h ₂ [mm]	Délka kotvy l [mm]	Max. sůlná síla h _{ef} , max. h _{ef} , min. h _{ef} [mm]	Závět Ø x délka [mm]	Velikost klíče Ø SW [mm]	Počet kusů v balení [ks]
FAZ II 6/10	gvz	A4	C	■	—	6	60	65	10/-	M 6 x 25	10	50
FAZ II 6/20	542621	542623	—	■	—	6	70	75	20/-	M 6 x 35	10	50

Obr. 73 - Svorníkové kotvy FAZ II [9]



Obr. 72 - Náčrt zatížení kotvencích šroubů

Tahová síla horní kotvy z ohybu

$$F_{O-\text{šK}} = \frac{l_4 \cdot \left(2 \cdot \frac{F_1}{2} + F_3\right)}{n_{KOT} \cdot l_5} = \frac{56 \cdot \left(2 \cdot \frac{335}{2} + 600\right)}{3 \cdot 28,5} = 612,4 \text{ N} \quad (54)$$

Minimální tahová síla vyvinutá na horní kotvu, aby tření bylo větší smyk

$$F_{t-\text{šK}} = \frac{\left(2 \cdot \frac{F_1}{2} + F_3\right) \cdot k}{n_{KOT} \cdot n_{\text{šK}} \cdot f_K} = \frac{\left(2 \cdot \frac{335}{2} + 600\right) \cdot 1,5}{3 \cdot 4 \cdot 0,15} = 779,16 \text{ N} \quad (55)$$

$l_4 = 56 \text{ mm}$ - rameno působící síly

$l_5 = 28,5 \text{ mm}$ - rameno kotvy

$n_{\text{šK}} = 4$ - počet kotvicích šroubů na každém kotvení

$f_K = 0,15$ - Součinitel tření mezi kotevníkem a stěnou

Dovolené tahové zatížení kotev je dle obr.48 $N_{perm} = 3,6 \text{ kN}$. Součet tahových zatížení musí být menší než dovolené tahové zatížení.

$$N_{perm} \leq F_{t-\text{šK}} + F_{O-\text{šK}}$$

$$3600 \leq 612,4 + 779,16$$

Garantovaná zatížení jednotlivé kotvy v tažené zóně betonu s pevností v tlaku C20/25 (~B25) ^{1) 2) 3)}										Minimální vzdálenosti při současném snížení zatížení	
Typ	Materiál kotevního šroubu	Min. tloušťka kotevního podkladu	Účinná kotevní hloubka	Utahovací moment	Garantovaná tahová zatížení	Garantovaná smyková zatížení	Nezbytné vzdálenosti k okraji při		Požadovaná osová vzdálenost pro max. zatížení s	Min. vzdálenost k okraji	Min. osová vzdálenost
							max. tahové zatížení c	max. smykové zatížení c			
FAZ II 6	gvz	80	40	8	3,6	3,4	45	55	120	35	45
	A4				5,0	5,0	50	85			
	C										

Obr. 74 - Dovolená zatížení kotvicích šroubů [9]

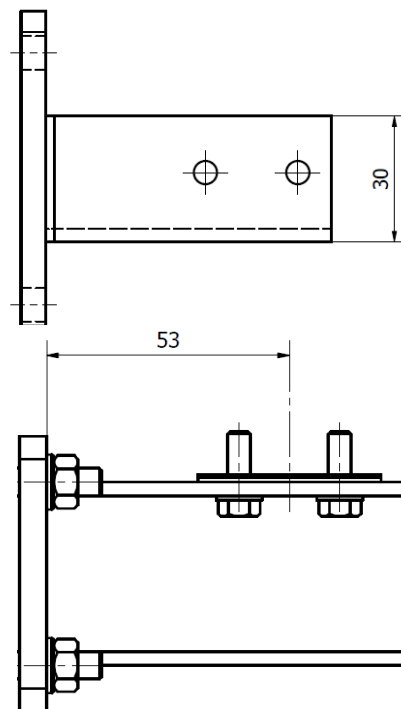
4.3.12 Kontrola svaru profilů kotvení

V předešlé kapitole jsem kontroloval, zda kotevní šrouby vydrží síly, kterými může být kotvení namáháno. Zde je kontrola svařovaného spoje mezi U profilem a plechem kotvení. Svary budou podél svislých stěn U profil, vodorovné hrany přivařeny nebudou. Lze vidět na obr. 73.

Výpočet je proveden zjednodušenou metodou. Potřebné hodnoty a použité neznámé jsou uvedeny.

Tabulka 10 - Svary kotvení

F_{Ed}	= 335	N	Namáhání smykem
M_{Ed}		N·m	Namáhání momentem
$\tau_{II,S}$		MPa	Smykové napětí ve svaru
$\tau_{\perp,S}$		MPa	Ohybové napětí ve svaru
L	= 30	mm	Délka svaru
e	= 53	mm	Rameno síly
a	= 2	mm	Účinný rozměr (tloušťka svaru)
k_3	= 0,75		Součinitel pro čelní koutový svar [2]
k_4	= 0,65		Součinitel pro boční koutový svar [2]
$R_{e-11373}$	= 250	MPa	Mez kluzu základního materiálu
β	= 1,2	-	Součinitel tloušťky koutového svaru



Obr. 75 - Náčrt zatížení svarů kotvení

$$\tau_{II,S} = \frac{F_{Ed}}{A_w} = \frac{F_{Ed}}{2 \cdot L \cdot a} = \frac{\left(2 \cdot \frac{335}{2} + 600\right)}{2 \cdot 30 \cdot 2} = 7,8 \text{ MPa} \quad (56)$$

$$\tau_{\perp,S} = \frac{M_{Ed}}{W_w} = \frac{F_{Ed} \cdot e}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a \cdot L^2} = \frac{\left(2 \cdot \frac{335}{2} + 600\right) \cdot 53}{2 \cdot \frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 30^2} = 82,6 \text{ MPa} \quad (57)$$

Pro kontrolu si vyvozují bezpečnost z kontroly napětí.

$$\sigma_{RED,S} = \sqrt{\left(\frac{\sum \tau_{II}}{k_4}\right)^2 + \left(\frac{\sum \tau_{\perp}}{k_3}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{II,S}}{k_4}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\perp,S}}{k_3}\right)^2} \leq \beta \cdot \frac{R_e}{k_s} \quad (58)$$

$$k_{s,12} = \frac{R_{e11373} \cdot \beta}{\sqrt{\left(\frac{\tau_{II,S}}{k_4}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\perp,S}}{k_3}\right)^2}} = \frac{250 \cdot 1,2}{\sqrt{\left(\frac{7,8}{0,65}\right)^2 + \left(\frac{82,6}{0,75}\right)^2}} = \frac{300}{116} = 2,708 \quad (59)$$

5 ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnout mechanicky posuvné zábradlí. Nejdříve jsem si hrubě navrhl místnost, kde bude zábradlí použito a seznámil se s relevantní normou.

Navrhl jsem místnost s rozměry, podle kterých jsem řídil při návrhu vlastního zábradlí. Vzhledem k nedostatku praktických zkušeností a zaměření práce, je tento návrh velmi strohý a zaměřený pouze na rozměry potřebné k návrhu práce.

Když jsem se pokusil seznámit se současným stavem problematiky, nebyl jsem schopen najít stávající řešení, které by odpovídalo zadání. Dále jsem tedy vycházel z konstrukčních řešení zábradlí statických. Zde mi dobře posloužil web firmy Umakov, která takovéto zábradlí navrhuje a prodává, a má také dostupné mnoho použitelných výkresů a součástí.

Na základě zadaných požadavků a vyvozených přednostní jimiž by výsledné zábradlí mělo disponovat jsem sestavil různé návrhy, dokud jsem nedospěl k návrhu, který je podle mého názoru nejvhodnější.

Tento návrh jsem poté zkompletoval. Návrhy jsem zpracovával v Inventoru, tudíž jsem v tomto kroce měl také 3D model. Nejsložitější částí je mechanické ovládání zábradlí, které jsem se rozhodl navrhnout v horní části zábradlí, kde je jednodušeji dostupné. Ochranné teleskopické kryty mou práci také poměrně zkomplikovali.

Pro výpočet pevnostní kontroly jsem nejprve zhodnotil nejkritičtější součásti a spoje návrhu. U těch jsou poté provedl potřebné výpočty pro jednoduchou kontrolu nebo zjištění statických bezpečností. Také jsem použil 3D model z Inventoru, který jsem si převedl do programu ANSYS Workbench. Zde jsem namodeloval některá namáhání pomocí MKP. Vzhledem k rozsahu práce zde nejsou uvedeny všechny výpočty ale pouze výpočty nejkritičtějších částí.

Jako poslední jsem zhotovil výkresovou dokumentaci návrhu. Zhotovil jsem všechny dílenské výkresy bloku zábradlí a potřebné sestavné výkresy.

Tím jsou veškeré mnou stanovené cíle práce a požadavky vycházející ze zadání splněny.

Vyčíslením výrobní ceny jsem se příliš nezabýval především proto, že nemám praktické zkušenosti, a tím by můj odhad nebyl relevantní. Při návrhu jsem se snažil vyhnout použití drahých výrobních operací a preferenčně využívat kupovaných součástí.

6 CITACE

1. LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. Páté vydání. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4
2. KALÁB Květoslav. Části a mechanismy strojů pro bakaláře: části spojovací. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, 90 s. ISBN 978-80-248-1290-8
3. ČSN 74 3305. Ochranná zábradlí. Základní ustanovení. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017
4. ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1 - Zatížení konstrukcí. Část 1-1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004
5. ČSN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004
6. *Katalóg - Nerez, dřevo, schody 2021/2022. Umakov* [online]. 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://umakov.cz/download>
7. *Katalog Chambrelan. Chambrelan* [online]. 2020 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://cdn.chambrelan.com/docs/catalogues/chambrelan_114_2_cz_pl_gb_de.pdf
8. *LM Guide: THK General Catalog. THK* [online]. 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://lin-tech.hennlich.cz/fileadmin/user_upload/KATEGORIEN/Linearf%C3%BChrungen/GeneralCataloguepdf.pdf
9. *Fischer: Ocelové kotvy* [online]. 2018 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://lin-tech.hennlich.cz/fileadmin/user_upload/KATEGORIEN/Linearf%C3%BChrungen/GeneralCataloguepdf.pdf
10. *Kinetic screens. Breezefree* [online]. 2019 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://www.breezefree.com/pdf/downloads/BARRIERS_kinetic_pg_v17.pdf
11. *CM Cam Locks. MAREK Industrial*. [online]. 2016 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.marek.eu/katalog-obrazku/produkt-8568/19480-cm-en.pdf>
12. Valivá ložiska SKF. SKF [online]. 2019 [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: https://www.skf.com/binaries/pub54/Images/0901d1968096351e-Rolling-bearings---17000_1-CS_tcm_54-121486.pdf#cid-121486
13. Konstrukce třívrstvé dřevěné podlahy. *Rpconsulting* [online]. 2019 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://rpconsulting.cz/konstrukce-trivrstve-drevene-podlahy>
14. Zábradlí boční kotvení do betonu, vodorovná výplň: Rovné zábradlí. HK Zábradlí s.r.o. [online]. Lhota pod Libčany, 2020 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://hkzabradli.cz/hkzabradli-rovne-b2brb-2-1000x900-hlinik-bronz?gclid=EAlaIqobChMImuDyquaw8AIVFsPVCh0W1Q_CEAQYASABEgJJPPD_BwE
15. Skleněné zábradlí, typy skel, kotvení zábradlí. *Glass Vision* [online]. 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.sklenenezabradli.cz/>

16. Nerezové zábradlí. *Teveko* [online]. 2014 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: http://www.teveko.cz/cs/nerezove-zabradli?gclid=EAlaIQobChMI-rXQiqzE7wIVhNCyCh1Qug-TEAAYASAAEgKtVPD_BwE#sklo-vypln
17. Skleněné zábradlí vnitřní. *JHtech* [online]. 2015 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.zabradli.cz/zabradli-pro-interier/sklenene-zabradli-vnitri>
18. Držák skla, zábradlí: Model 230P. *Umakov* [online]. 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://umakov.cz/drzak-skla-zabradli-5fb0558878da73001c987908#Parametry>
19. Kování - posuvné dveře - lišta: GS-AL/P8105/N/E-set. *Umakov* [online]. 2021 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://umakov.cz/kovani-posuvne-dvere-lista-5fb0569a78da73001c988072>
20. Vertical Sliding Glass Guillotine Systems. *Buralco Aluminium* [online]. 2018 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <http://buralco.com/index.php/products/vertical-sliding-glass-guillotine-systems>
21. Teleskopická lišta RA5R L=900 mm. *Chambrelin* [online]. 2020 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.chambrelin.cz/ra5r/>
22. 6001-2Z Deep groove ball bearings. *SKF* [online]. 2018 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6001-2Z>
23. W 61704-2ZS Deep groove ball bearings. *SKF* [online]. 2019 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-W%2061704-2ZS>
24. Cylindrické zámky: CM-5. *MAREK Industrial*. [online]. 2016 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: <https://www.marek.eu/southco-uzaviraci-a-spojovaci-technika/zamky-zamkove-vlozky/cm-cam-lock-latches/8568/cm-5-cylindricke-zamky.html>
25. Utahovací momenty šroubů: *Atlas Copco*. [online]. 2012 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.atlascopco.com/cs-cz/itba/expert-hub/articles/what-is-the-recommended-maximum-torque-for-your-bolt>
26. AISI 304 (1.4301) Stainless Steel. *Https://matmatch.com* [online]. 2017 [cit. 2021-5-11]. Dostupné z: <https://matmatch.com/learn/material/aisi-304-stainless-steel>
27. Plochý uzávěr: 64-10-126-50. *Southco* [online]. 2019, 2018 [cit. 2021-5-6]. Dostupné z: https://southco.com/en_eu_int/64-10-126-50

7 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha	Číslo výkresu	Druh výkresu	Název výkresu
Příloha A	BAK-1 VEN0075	Sestavný výkres	Vestavěné zábradlí
Příloha B	BAK-1-01	Sestavný výkres	Blok Zábradlí
Příloha C	BAK-1-01-01	Sestavný výkres	Blok Z. bez ovládání
Příloha D	BAK-1-01-01-01	Svářečský výkres	Kotevník 1
Příloha E	BAK-1-01-01-02	Svářečský výkres	Kotevník 2
Příloha F	BAK-1-01-01-03	Svářečský výkres	Kotevník 3
Příloha G	BAK-1-01-01-04	Výrobní výkres	Boční sloupek - pravý
Příloha H	BAK-1-01-01-05	Výrobní výkres	Boční sloupek - levý
Příloha I	BAK-1-01-01-06	Výrobní výkres	Kotevní destička T1
Příloha J	BAK-1-01-01-07	Výrobní výkres	Kotevní destička T0,7
Příloha K	BAK-1-01-01-08	Výrobní výkres	Kotevní destička 2 T1
Příloha L	BAK-1-01-01-09	Výrobní výkres	Kotevní destička 2 T0,7
Příloha M	BAK-1-01-02	Svářečský výkres	Horní část sloupku
Příloha N	BAK-1-01-02-01	Výrobní výkres	Násuvné víko
Příloha O	BAK-1-01-02-01	Výrobní výkres	Sloupová tyč
Příloha P	BAK-1-01-03	Sestavný výkres	Ochranný kryt
Příloha Q	BAK-1-01-03-01	Výrobní výkres	Ochranný kryt část 1
Příloha R	BAK-1-01-03-02	Výrobní výkres	Ochranný kryt část 2
Příloha S	BAK-1-01-03-03	Výrobní výkres	Ochranný kryt část 3
Příloha T	BAK-1-01-03-04	Výrobní výkres	Ochranný kryt část 4
Příloha U	BAK-1-01-03-05	Výrobní výkres	Ochranný kryt část 5
Příloha V	BAK-1-01-03-06	Výrobní výkres	Ochranný kryt část 6
Příloha W	BAK-1-01-04	Svářečský výkres	Pouzdro zámku - pravé
Příloha X	BAK-1-01-04-01	Výrobní výkres	Plech – ohybek 2
Příloha Y	BAK-1-01-05	Svářečský výkres	Pouzdro zámku - levé
Příloha Z	BAK-1-01-05-01	Výrobní výkres	Plech – ohybek 1
Příloha AA	BAK-1-01-05-02	Výrobní výkres	Plech zámku 1
Příloha AB	BAK-1-01-05-03	Výrobní výkres	Plech zámku 2
Příloha AC	BAK-1-01-07	Výrobní výkres	Ovládací hřídel
Příloha AD	BAK-1-01-08	Výrobní výkres	Podlahový U-profil
Příloha AE	BAK-1-01-09	Výrobní výkres	Vsuvné pouzdro - horní
Příloha AF	BAK-1-01-10	Výrobní výkres	Vsuvné pouzdro - dolní
Příloha AG	BAK-1-01-11	Výrobní výkres	Madlo
Příloha AH	BAK-1-01-12	Výrobní výkres	Jistící člen
Příloha AI	BAK-1-01-13	Výrobní výkres	Dolní víko
Příloha AJ	BAK-1-01-14	Výrobní výkres	Plech krytu
Příloha AK	BAK-1-01-15	Výrobní výkres	Ovládací držadlo
Příloha AL	BAK-1-01-16	Výrobní výkres	Obdélníkový čep

Příloha AM	BAK-1-01-17	Výrobní výkres	Distanční kroužek
Příloha AN	BAK-1-02	Výrobní výkres	Dřevěné víko
Příloha AN	BAK-1-03	Výrobní výkres	Pevná dřevěná lišta
Příloha AO	BAK-1-04	Výrobní výkres	Kotvená podpěra

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 - Teleskopického vedení dle [7]	26
Tabulka 2 – Kontrola teleskopického vedení dle přepočtu maximálního síly madla	26
Tabulka 3 - Kontrola madla na ohyb	27
Tabulka 4 - Šroubové spojení připojení madla.....	28
Tabulka 5 - Kontroly výšky závitu připojení madla.....	29
Tabulka 6 - Šroubové spojení šroubu spojovací desky.....	30
Tabulka 7 – Výpočtové hodnoty svarového spojení sloupkového víka a sloupkové tyče.....	31
Tabulka 8 - Výpočtové hodnoty dolního kolíkového spoje	34
Tabulka 9 - Parametry šroubového spoje šroubem M5.....	39
Tabulka 10 - Svary kotvení	42

Seznam použitých obrázků

Obr. 1 - Zobrazení hotového návrhu	2
Obr. 2 - Vrstvá lamelová podlaha [13]	3
Obr. 3 - Rozměrový náčrt místnosti pro umístění zábradlí	3
Obr. 4 - Zábradlí s popisem [14]	4
Obr. 5 – Nerezové zábradlí [16]	5
Obr. 6 – Skleněné zábradlí bodově kotvené na neretové terče [15]	5
Obr. 8 – Skleněné zábradlí kotvené na nerezové sloupky [16]	6
Obr. 7 – Skleněné zábradlí se 4-hraně uloženou tabulí [16]	6
Obr. 9 – Skleněné zábradlí kotvené do hliníkového profilu [15]	7
Obr. 10 - Skleněné zábradlí bodově kotvené na neretové terče [15]	7
Obr. 11 – Skleněné zábradlí kotvené na nerezové sloupky [15]	8
Obr. 12 – Skleněné zábradlí kotvené na nerezové sloupky [15]	8
Obr. 13 – Posuvné skleněné dveře od Umakov [19]	8
Obr. 14 – Výškově nastavitelné protivětrné zábrany od Buralco Aluminium Systems [20]	9
Obr. 15 – Zvolený druh skleněného zábradlí dle ČSN 74 3305 [3]	10
Obr. 16 - Vodorovná zatížení zábradlí a dělicích stěn [4]	11
Obr. 17 – Nejmenší dovolená výška skleněného zábradlí dle ČSN 74 3305 [3]	11
Obr. 18 - Zkušební hranol pro plochy s volným přístupem osob (v mm) dle ČSN [3]	11
Obr. 19 – Systém zábradlí Umakov [6]	12
Obr. 20 – Skleněná tabule od Umakov [6]	12
Obr. 21 – Schéma úchytu 230P [18]	13
Obr. 22 – Destičkové upevnění [6]	13
Obr. 23– Tabulka přibližných dovolených tlaků pro tento úchyt [6]	13
Obr. 24 – Teleskopická lišta od Chambrelan [7]	13
Obr. 25 - Připojovací rozměry RA5R [21]	14
Obr. 26 - Lineární kolejnicové vedení [8]	14
Obr. 27 – Pohyb kuliček valivých kolejnicových vedení [8]	14
Obr. 28 – Návrh zábradlí s lineárním kolejnicovým vedením	16
Obr. 29 - Zádňní návrh jednoho bloku zábradlí s popisem hlavních součástí	18
Obr. 30 – Sundání víka a výsuv zábradlí	19
Obr. 31 - Postup zajištění se zvýrazněným ovládáním (zobrazeno bez krytu)	19
Obr. 32 – Spoj v horní části sloupku s popisem	20
Obr. 33 – Spoj v dolní části sloupku s popisem	21
Obr. 34 - Použitá svorníková kotva a postup jejího kotvení [9]	22
Obr. 35 – Umístění počítaných síl působící na zábradlí	24
Obr. 36 – Kritická místa návrhu – řez sloupkem zábradlí	25
Obr. 37 – Umístění počítaných síl teleskopického vedení	26
Obr. 38 – Kontrola madla na ohyb	27
Obr. 39 – Řez připojením madla	28
Obr. 40 - Sestava v horní části sloupku	29

Obr. 41 - Šroub spojovací desky	30
Obr. 42 - Svar mezi sloupkovým víkem a sloupkovou tyčí	31
Obr. 43 - Výsledek napěťové analýzy	32
Obr. 44 - Zobrazení celého spoje	32
Obr. 45 - Boční pohled se zneviditelněným sloupkem.....	32
Obr. 46 - Přiblížení max. napětí.....	32
Obr. 47 - Deformace v mm.....	32
Obr. 48 - Deformace se zneviditelněným sloupkem	32
Obr. 49 - Výsledek napěťové analýzy v MPa	33
Obr. 50 - Zobrazení celého spoje v pohledu zdola.	33
Obr. 51 - Zobrazení celého spoje v pohledu shora.....	33
Obr. 52 - Namáhání na kuželové kolíky.....	33
Obr. 53 - Přiblížené místo nejvyššího napětí.....	33
Obr. 54 - Průřez místem kolíkového spoje	34
Obr. 55 - Zadání.....	35
Obr. 56 - Výsledek napěťové analýzy v MPa	35
Obr. 57 - Zobrazení celé součásti	35
Obr. 58 - Přiblížený pohled na díry pro kolíky.....	35
Obr. 59 - Přiblížení max. napětí.....	35
Obr. 60 - Deformace v mm.....	35
Obr. 61 - Zobrazení deformace celé součásti.....	35
Obr. 62 - Zobrazení celého spoje	36
Obr. 63 - Výsledek napěťové analýzy v MPa	36
Obr. 64 - Pohled se zneviditelněným jištěním	36
Obr. 65 - Přiblížení max. napětí.....	36
Obr. 66 - Deformace v mm.....	36
Obr. 67 - Zobrazení deformace celého uzlu	36
Obr. 68 – Reakční síly ovládacího hřídele.....	37
Obr. 69 – Výpočetní data zvoleného ložiska SKF 6001 2Z [22?].....	38
Obr. 70 - Výpočtové součinitele pro kuličková ložiska.....	38
Obr. 71 – Zatížení teleskopickou lištou [16].....	39
Obr. 72 - Náčrt zatížení kotvencích šroubů.....	41
Obr. 73 - Svorníkové kotvy FAZ II [9]	41
Obr. 74 - Dovolená zatížení kotvicích šroubů [9]	41
Obr. 75 - Náčrt zatížení svarů kotvení.....	42